



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR.

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA.

TRABAJO DE FIN DE GRADO:

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA HIDROESTUFA PARA
CALEFACCIÓN Y ACS EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.

Autor: Jonatan Martínez Jiménez.

Tutor: Sergio Sánchez Delgado.

Leganés, Octubre 2017

RESUMEN:

En este proyecto se analiza la viabilidad de realizar la instalación de una hidroestufa para la obtención de calefacción y agua caliente sanitaria en una vivienda unifamiliar.

Para ello, en primer lugar se analiza la situación de la energía en España, las necesidades que se tienen en la vivienda y la situación en la que se encuentra la misma.

En segundo lugar, se explica como es el funcionamiento de las calderas de biomasa como la que se pretende instalar y sus posibles combinaciones en cuanto a combustibles.

Posteriormente, se realiza el cálculo de las cargas térmicas y se dimensionan tanto la instalación de calefacción como la de agua caliente sanitaria.

Después se analiza cual es el coste de todos los materiales que se deben comprar y se comparan económicamente las distintas situaciones en las que se puede utilizar la hidroestufa, en este mismo apartado se comprueba si es rentable la instalación de dicha caldera.

Finalmente se realiza el análisis medioambiental para conocer cuál es el impacto que supone llevar a cabo la instalación de la estufa, y el análisis legal para conocer cuáles son los requisitos a cumplir a la hora de realizar la instalación.

ABSTRACT:

This project analyzes viability of installing a hydro-heater to obtain heating and Domestic Hot Water (DHW) in a single family home.

In order to do this, we analyze first the energy situation in Spain, housing needs and the situation of this house.

Secondly, it explains how is the operation of hydro-heater and their possible combinations in terms of fuels.

Subsequently, the calculation of thermal loads is carried out and the heater and domestic hot water systems are dimensioned.

After that, it is analyzed the cost of all materials to be purchased and economically comparing the different situations in which the hydro-heater can be used, in this section it is checked if the installation of the hydro-heater is profitable.

Finally, the environmental analysis is carried out in order to know the impact of the installation and the legal analysis to know the requirements at the time of the installation.

Índice general

1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1 Introducción a este trabajo fin de grado.	1
1.2 Objetivos.	1
1.3 Situación geográfica.	1
1.4 Situación de la Energía en España.	4
2. ANÁLISIS DE LA VIVIENDA.	6
2.1 Descripción de la vivienda.	6
2.2 Situación climática de la zona.	7
2.3 Situación origen y actual de la vivienda.	9
2.4 Planos de la vivienda.	12
3. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y ACS.	14
3.1 Tipos de calderas de pellets.	14
3.1.1 Tipos de calderas de pellets según su producción térmica.	14
3.1.2 Tipos de calderas de pellets según el método de transmisión de calor.	14
3.2 Tipos de combustible para las calderas de pellets.	15
3.3 Descripción de componentes y principio de funcionamiento de una hidroestufa.	18
3.3.1 Componentes y funcionamiento de la hidroestufa para calefacción	19
3.3.2 Componentes y funcionamiento de la hidroestufa para ACS.	20
3.3.3 Esquema general de la instalación.	21
3.4 Dimensionado de la instalación de calefacción de la vivienda.	23
3.4.1 Cargas térmicas a considerar.	23
3.4.2 Cálculo de los coeficientes de transmisión de calor.	24
3.4.3 Cálculo de las cargas térmicas.	32
3.4.4 Cálculo de cargas térmicas total.	37
3.5 Dimensionado de la instalación de ACS de la vivienda.	38
3.6 Dimensionado de la instalación para calefacción y ACS.	39
3.7 Operaciones de mantenimiento a tener en cuenta.	39
4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN.	41
4.1 Elección de los materiales a comprar.	41
4.1.1 Elección de la termoestufa de pellets.	41
4.1.2 Elección de los componentes auxiliares.	45
4.1.3 Elección de los tubos de evacuación de gases de escape.	45
4.1.4 Elección de las tuberías de canalización de agua para calefacción.	48

4.1.5 Elección de las tuberías de canalización de ACS hasta el termo.	51
4.1.6 Elección de los radiadores de agua para calefacción.	52
4.1.7 Elección de los pellets para la termoestufa.	55
4.2 Presupuesto para la instalación de calefacción.	55
4.2.1 Presupuesto de la termoestufa de pellets.	55
4.2.2 Presupuesto de los componentes auxiliares.	55
4.2.3 Presupuesto de los tubos de evacuación de gases de escape.	55
4.2.4 Presupuesto de las tuberías de canalización de agua.	56
4.2.5 Presupuestos de los radiadores de agua.	56
4.2.6 Presupuesto de la instalación del circuito de calefacción.	57
4.2.7 Presupuesto de la instalación y puesta en marcha de la termoestufa.	57
4.2.8 Presupuesto final para la instalación de calefacción.	57
4.3 Presupuesto para la instalación de ACS.	58
4.3.1 Presupuesto de tuberías de canalización de ACS hasta el termo.	58
4.3.2 Presupuesto de los componentes auxiliares.	58
4.3.3 Presupuesto de instalación del circuito de ACS.	58
4.3.4 Presupuesto final para la instalación de ACS.	58
4.4 Análisis económico obtención calefacción mediante acumuladores frente a hidroestufa.	58
4.4.1 Gasto en calefacción mediante acumuladores.	58
4.4.2 Gasto en calefacción mediante la termoestufa.	59
4.4.3 Comparativa gasto en calefacción mediante acumuladores frente a hidroestufa. ...	60
4.5 Análisis económico obtención de ACS con termo frente a hidroestufa.	60
4.5.1 Gasto de ACS mediante termo eléctrico.	60
4.5.2 Gasto de ACS mediante la termoestufa.	61
4.5.3 Comparativa gasto de ACS mediante termo eléctrico frente a hidroestufa.	62
4.6 Análisis económico obtención calefacción + ACS convencional frente a hidroestufa. ..	62
4.7 Análisis global de la instalación.	63
5. ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL.	65
5.1 Comparativa de emisiones.	65
5.2 Ventajas e inconvenientes de las calderas de biomasa.	67
5.3 Potencial de Efecto Invernadero.	68
5.3.1 Potencial de Efecto invernadero de la instalación de calefacción.	68
5.3.2 Potencial de Efecto invernadero de la instalación de ACS.	69
6. ANÁLISIS LEGAL.	70
6.1 Normativa vigente en la instalación de calderas de pellets.	70

6.1.1 Normativa básica en la instalación de la estufa.	70
6.1.2 Evacuación de los productos de la combustión y diseño de los conductos.....	72
6.1.3 Distancias que se deben mantener respecto a la chimenea.....	73
6.1.4 Tipos de sombrerete.	77
7. CONCLUSIONES.	80
8. REFERENCIAS.	82

Índice de Gráficas, figuras y tablas:

Figura 1: Ubicación de Ugena (1) {30}.....	2
Figura 2: Ubicación de Ugena (2) {30}.....	2
Figura 3: Mapa de Ugena {30}.....	3
Figura 4: Zonas climáticas según el CTE DB-HE-1 {19}.	7
Figura 5: Imagen del radiador eléctrico instalado en una de las habitaciones de la vivienda.....	9
Figura 6: Plano de la planta baja de la vivienda.....	12
Figura 7: Plano de la primera planta de la vivienda.....	13
Figura 8: Diseños de distintos tipos de estufas {4}.	15
Figura 9: Imagen de los distintos tipos de combustibles {26}.....	16
Figura 10: Equivalencias pellet vs otros combustibles {4}.	17
Figura 11: Imagen del contenedor de pellet de la estufa de instalada en la vivienda actualmente.	18
Figura 12: Imagen del cenicero en la estufa instalada en la vivienda actualmente.	19
Figura 13: Ejemplo de depósito acumulador de agua {6}.	21
Figura 14: Posible esquema instalación {28}.....	22
Figura 15: Zonas climáticas según el CTE {19}.....	24
Figura 16: Niveles máximos de “U” permitidos según el cerramiento y la zona climática {21}.25	
Figura 17: Datos de materiales utilizados en la construcción de viviendas {20}.	26
Figura 18: Datos de materiales utilizados en la construcción de viviendas {20}.	27
Figura 19: Valores de h_i y h_e en función del cerramiento {20}.....	28
Figura 20: Valores de resistencia térmica en función del material de la puerta {20}.	29
Figura 21: Valores de h_i y h_e en función del cerramiento {20}.....	29
Figura 22: Valores de Resistencias térmicas de las cámaras de aire de ventanas {20}.	30
Figura 23: Representación esquemática de una solera {20}.....	31
Figura 24: Tabla con los valores de los coeficientes de transmisión de calor de las diferentes soleras {20}.....	32
Figura 25: Mapa de zonas para el cálculo de la temperatura del terreno del NBE-CT-79 {20}. 33	
Figura 26: Temperatura del terreno en función de la zona climática según el NBE-CT-79 {20}.33	
Figura 27: Termoestufa INNOFIRE IDROCHIP {4}.	41
Figura 28: Termoestufa FREEPOINT IDRON 15 {4}.	42
Figura 29: Termoestufa ECO-HIDRO 13 {31}.....	43
Figura 30: Termoestufas Primula 12 de diferentes colores {32}.....	43
Figura 31: Termoestufa Termo-Petit {33}.....	44
Figura 32: Tubo de 80 mm de diámetro para salida gases de escape {4}.....	46
Figura 33: Tubo de 80 mm de diámetro en plata {7}.	46
Figura 34: Te de 90º {4}.....	47
Figura 35: Codo de 90º {5}.....	47
Figura 36: Tubería de cobre de 12 mm para circuito calefacción {6}.....	50
Figura 37: Radiador BAXI DUBAL de 4 elementos {4}.....	53
Figura 38: Radiador BAXI DUBAL de 8 elementos {4}.	53
Figura 39: Radiador BAXI DUBAL de 10 elementos {4}.	54
Figura 40: Radiador BAXI DUBAL de 12 elementos {4}.	54
Figura 41: Ejemplo de instalación de salida de gases para calderas de pellets {4}.....	71
Figura 42: Capuchón para final de tubería de gases de escape {4}.	71

Figura 43: Distancia máxima del tubo frente a pared vertical {2}.	73
Figura 44: Ejemplo de distancia mínima del tubo por debajo del balcón {2}.	73
Figura 45: Distancia mínima en horizontal de tubos {2}.	73
Figura 46: Distancia mínimo del tubo de evacuación sobre el suelo en patios {2}.	74
Figura 47: Distancia mínima a la pared frontal {2}.	74
Figura 48: Distancia a la chimenea tejado <20º {2}.	75
Figura 49: Distancia a la chimenea tejado >20º {2}.	75
Figura 50: Distancia respecto a obstáculos en tejado {2}.	75
Figura 51: Distancia respecto a obstáculos exteriores {2}.	76
Figura 52: Distancias entre chimenea y ventanas {2}.	76
Figura 53: Modelo de sombrerete chino {1}.	77
Figura 54: Sombrerete giratorio o veleta {1}.	78
Figura 55: Sombrerete aspirador o rollex {1}.	78
Figura 56: Sombrerete anti revoco {1}.	79

Gráfica 1: Consumo energético en función de la fuente de energía en España {24}.	4
Gráfica 2: Emisiones de efecto invernadero en Unidades métricas de toneladas de CO ₂ equivalente a lo largo de los años {13}.	5
Gráfica 3: Temperatura media mensual máxima y mínima a lo largo de los últimos 30 años en Ugena {11}.	8
Gráfica 4: Porcentaje de emisiones de GEI en la UE {22}.	66
Gráfica 5: Porcentaje de emisiones de GEI por actividad (2012) {23}.	66

Tabla 1: Grado de autoabastecimiento energético en España {24}.	5
Tabla 2: Área de cada espacio de la planta baja de la vivienda.	6
Tabla 3: Área de cada espacio de la primera planta de la vivienda.	7
Tabla 4: Temperaturas medias exteriores en Ugena (Toledo) {11}.	8
Tabla 5: PCI y Humedad de los distintos tipos de combustibles para calderas de pellets {14}.	17
Tabla 6: Materiales de los muros exteriores de la vivienda.	27
Tabla 7: Materiales del techo de la vivienda.	29
Tabla 8: Materiales de las ventanas de la vivienda.	30
Tabla 9: Materiales del suelo de la vivienda.	31
Tabla 10: Coeficientes del pasillo.	33
Tabla 11: Coeficientes del aseo.	34
Tabla 12: Coeficientes de la cocina.	34
Tabla 13: Coeficientes del salón.	34
Tabla 14: Coeficientes del suelo.	34
Tabla 15: Coeficientes de la habitación 1.	35
Tabla 16: Coeficientes de la habitación 2.	35
Tabla 17: Coeficientes del baño 1.	35
Tabla 18: Coeficientes de la habitación 3.	36
Tabla 19: Coeficientes del baño 2.	36
Tabla 20: Coeficientes del techo.	36
Tabla 24: Longitud de tubo en las estancias de la planta baja.	50
Tabla 25: Longitud de tubo en las estancias de la primera planta.	50
Tabla 21: Especificaciones radiadores.	52
Tabla 22: Radiadores en planta baja.	52

Tabla 23: Radiadores en primera planta.....	52
Tabla 26: Diferentes presupuestos para pellets.	55
Tabla 27: Elementos necesarios para evacuación gases de escape.	56
Tabla 28: Longitud de tubería de cobre en la planta baja.	56
Tabla 29: Longitud de tubería de cobre en la primera planta.	56
Tabla 30: Radiadores por estancia y precio de los mismos en la planta baja.....	57
Tabla 31: Radiadores por estancia y precio de los mismos en la primera planta.....	57
Tabla 32: Presupuesto final para instalación calefacción.	57
Tabla 33: Presupuesto final para instalación ACS.	58
Tabla 34: Gasto mensual en calefacción con radiadores eléctricos.	59
Tabla 35: Consumo de pellets mensual.	59
Tabla 36: Gasto en ACS con termo eléctrico.....	60
Tabla 37: Consumo de pellets mensual para ACS.....	61
Tabla 38: Gasto en electricidad de calefacción + ACS.	62
Tabla 39: Gasto anual en calefacción + ACS con termoestufa.....	62
Tabla 40: Potencias totales de los radiadores.	68

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Introducción a este trabajo fin de grado.

Este Trabajo de Fin de Grado (TFG) surge en primer lugar, debido a que el área de Ingeniería térmica y fluidos es una de las áreas de las que más me llaman la atención dentro del abanico que ofrece el Grado en Ingeniería mecánica.

Además este TFG aborda la situación real de la vivienda unifamiliar en la cual reside el autor de este trabajo, siendo esta una motivación extra para estudiar los diferentes casos que se analizarán posteriormente.

A lo citado anteriormente, se une el aumento en la tarifa eléctrica en España durante los últimos años y la creciente instalación de calderas de biomasa en la zona en la que se encuentra la vivienda. Todo esto forma un conjunto que llama la atención, e invita a estudiar la posible instalación de la caldera de pellets en la vivienda y obtener conclusiones acerca de las consecuencias que supone llevar a cabo dicho proyecto.

1.2 Objetivos.

El objetivo de este trabajo es analizar si es viable tanto desde el punto de vista del rendimiento, económico y medioambiental realizar la instalación de una hidroestufa (también conocidas como termoestufas) para la obtención de calefacción. Una hidroestufa es una caldera de biomasa que permite mediante la conexión con radiadores de agua caliente (o suelo radiante), calentar una estancia determinada. Además, dentro de este análisis se estudiará la posibilidad de aprovechar dicha instalación de cara a obtener Agua Caliente Sanitaria (ACS).

Los dos objetivos principales son garantizar la obtención de calefacción entre los meses de Octubre a Marzo e intentar obtener agua caliente durante estos meses mediante la caldera. Debido a que en el resto de meses del año, la caldera no estará encendida, será necesario la obtención de agua caliente mediante el método actual que existe en la vivienda, este consiste en un termo eléctrico de 150 litros de capacidad.

1.3 Situación geográfica.

La vivienda unifamiliar en la que se va a realizar el estudio de viabilidad que se ha explicado en el resumen y en los objetivos, se encuentra en el municipio de Ugena.

Ugena es un municipio español, que se encuentra en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha dentro de la provincia de Toledo, situado dentro de la llanura de la comarca de La Sagra.



Figura 1: Ubicación de Ugena (1) {30}.

El municipio se encuentra a mitad de camino entre las capitales de provincia de Madrid y Toledo, de manera que linda con los términos municipales de Serranillos del Valle, Griñón, Cubas de la Sagra y Casarrubuelos dentro de la provincia de Madrid y con los municipios de Illescas y Carranque en la provincia de Toledo.

Ugena se encuentra a una altitud sobre el nivel del mar de 654 metros, consta de una superficie aproximada de 15 km² y según el Instituto Nacional de Estadística (INE) {29} a finales del año 2016 contaba con una población de 5.294 habitantes censados.



Figura 2: Ubicación de Ugena (2) {30}.

Entre los años 2.000 y 2.006 este pueblo toledano sufrió un incremento exponencial en su población, que en su mayoría provenían de municipios como Leganés y Fuenlabrada (pertenecientes a la Comunidad de Madrid). Los nuevos habitantes buscaban lugares donde vivir con mayor tranquilidad sin alejarse demasiado de sus zonas de trabajo.

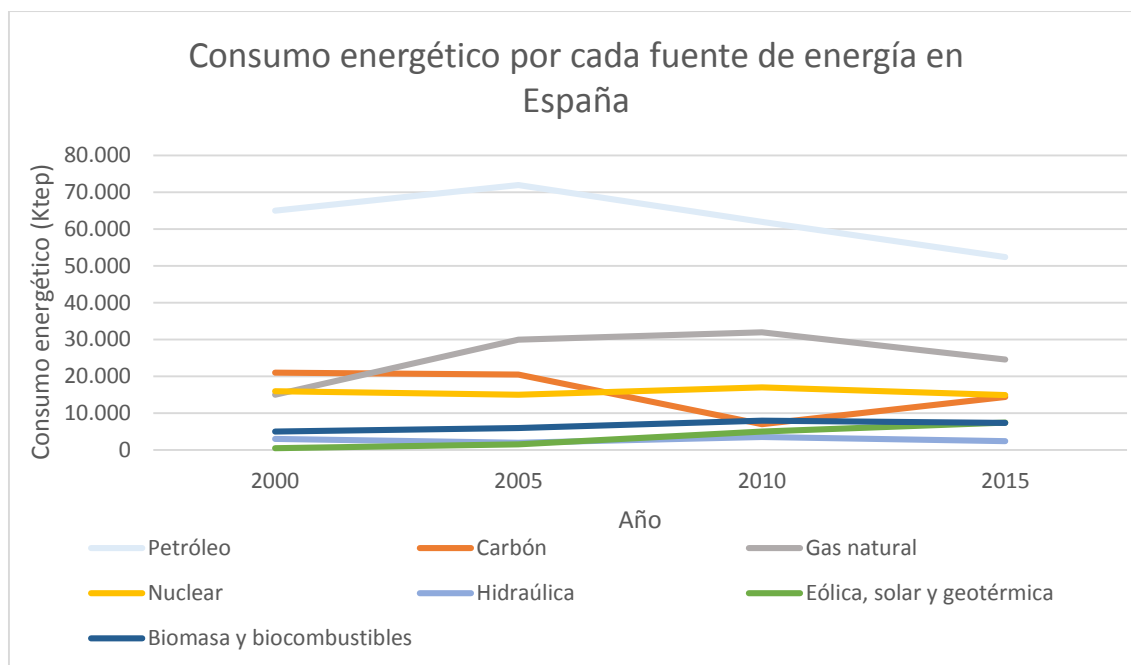
Esta expansión se desarrolló principalmente mediante viviendas unifamiliares adosadas y pareadas con características similares a la que se va a estudiar en este trabajo. Durante los primeros años de expansión, las viviendas se construían con instalaciones de calefacción mediante acumuladores eléctricos debido a que todavía no existía en el municipio el abastecimiento de Gas Natural.



Figura 3: Mapa de Ugena {30}.

1.4 Situación de la Energía en España.

Para entender la situación de la energía en España se van a analizar diferentes indicadores, a continuación se muestra una gráfica del consumo energético en España en función de la fuente de energía.



Gráfica 1: Consumo energético en función de la fuente de energía en España {24}.

NOTA: Ktep corresponde a una unidad denominada Kilo-tonelada equivalente de petróleo.

En primer lugar, destaca el consumo de petróleo que se sitúa muy por encima del resto de fuentes de energía, en segundo lugar se encuentra el gas natural y en tercer lugar el carbón. Aproximadamente durante el año 2.005, se observa una caída brusca del consumo de carbón y un crecimiento en el consumo de la energía nuclear.

Tal y como se observa en la gráfica 1, el consumo de las energías renovables es muy pobre, este consumo presenta un leve crecimiento en las energías eólica, solar y geotérmica que se produce en torno al año 2.010.

En cuanto al porcentaje que representan las energías renovables frente al total del consumo energético, se estima que se encontraba en torno al 25% en el año 2.009. Además en este mismo año comenzaron a funcionar numerosas centrales de ciclo combinado, reduciéndose así la obtención de energía mediante combustibles fósiles.

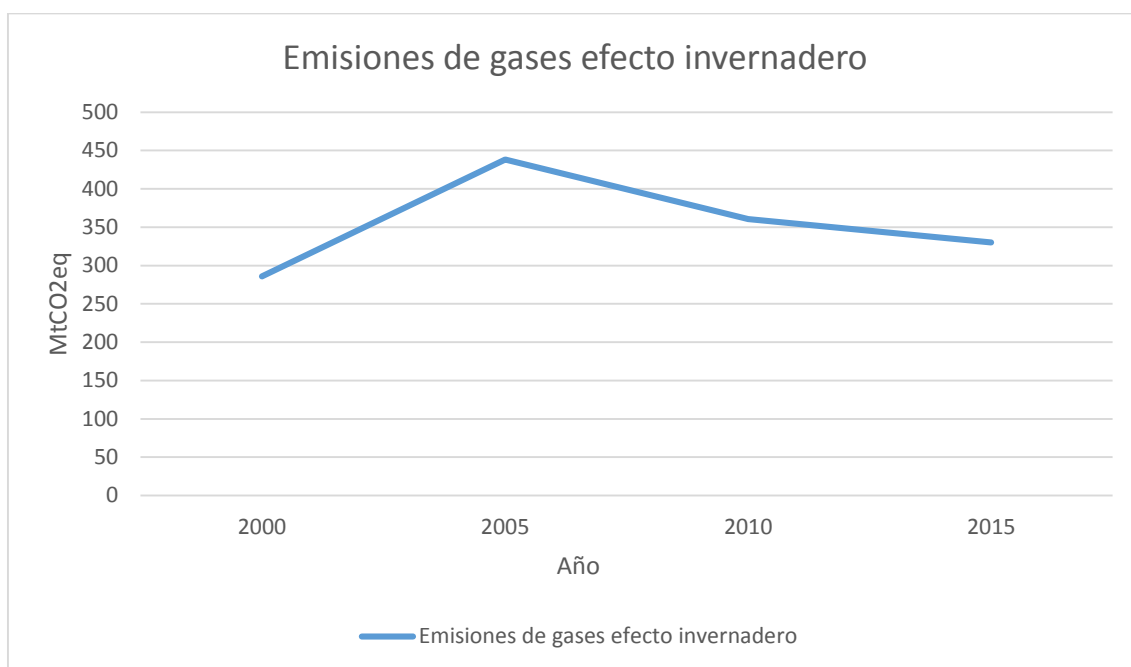
A continuación se muestran datos en porcentaje del grado de autoabastecimiento energético que posee España. El grado de autoabastecimiento es la relación entre la producción de energía interior frente al consumo de energía total.

Año	Grado de autoabastecimiento
2.000	25,7 %
2.005	21%
2.010	25,6%
2.015	30%

Tabla 1: Grado de autoabastecimiento energético en España {24}.

Atendiendo a la tabla 1, se observa la dependencia que existe en España en cuanto a la energía que se importa del extranjero, debido a que el porcentaje que representa la energía importada es en torno al 70% del total de energía consumida. Esto provoca que el coste de la energía en España sea mayor debido a las operaciones de transporte necesarias.

Por último para finalizar este apartado dedicado a la situación energética en España, se van a mostrar datos de emisiones de gases de efecto invernadero. Los principales gases del efecto invernadero son: Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido nitroso (N_2O), clorofluorocarbonados (CFC), Ozono (O_3), Óxidos de nitrógeno (NO_x) y Vapor de agua (H_2O).



Gráfica 2: Emisiones de efecto invernadero en Unidades métricas de toneladas de CO_2 equivalente a lo largo de los años {13}.

Como se puede apreciar en la gráfica anterior, las emisiones alcanzan su máximo valor entre los años 2.000-2.007 aproximadamente, y a partir de aquí se observa una disminución paulatina de las emisiones. Esta disminución de las emisiones es importante pero todavía continúan siendo valores muy altos.

Cabe mencionar que estas emisiones de gases de efecto invernadero se deben principalmente al uso de combustibles fósiles en actividades como la industria, la ganadería y el transporte.

2. ANÁLISIS DE LA VIVIENDA.

2.1 Descripción de la vivienda.

La vivienda se encuentra situada a la entrada del pueblo situada más al norte de la localidad. Su construcción es de antigüedad media (año 2.000) ya que las viviendas más antiguas del municipio, tienen aproximadamente entre 30 y 40 años, las de antigüedad media alrededor de 20 años y las más recientes entre 5 y 10 años.

La vivienda que se va a estudiar, forma parte de una construcción de doce chalets adosados de seis en seis en dos hileras paralelas que forman parte de la urbanización Buenavista.

Estas viviendas constan de dos plantas, en la primera planta se incluye un garaje, la cocina, el salón-comedor y un baño, mientras que en la segunda planta se recogen dos habitaciones pequeñas, un baño y una habitación de matrimonio con otro baño en su interior.

Además de estas dos plantas, todos los chalets de este residencial albergan un patio de aproximadamente 60 m^2 cada uno que se encuentra vallado de manera individual.

En cuanto a la orientación de la vivienda, las dos fachadas que no comparten muro con el resto de viviendas se encuentran una en la dirección norte y la otra en dirección sur. La altura de cada planta de la vivienda es de 2,6 metros y el ancho y el largo son 6 y 15 metros respectivamente.

A continuación se pasan a describir los detalles de la vivienda en las siguientes tablas:

Planta Baja:

Estancia	Metros cuadrados (m^2)	Orientación
Salón-Comedor	23,45	Sur
Cocina	11,0	Sur
Vestíbulo	8,25	Norte
Aseo	2,90	Norte
Garaje	15,52	Norte

Tabla 2: Área de cada espacio de la planta baja de la vivienda.

NOTA: El Garaje no se incluirá en los cálculos para los cálculos de necesidades energéticas ya que no forma parte del interior de la vivienda y el acceso es únicamente desde el exterior.

Primera planta:

Estancia	Metros cuadrados (m^2)	Orientación
Habitación 1	12,72	Sur
Habitación 2	12,72	Sur
Baño 1	4,60	Sur
Vestíbulo	11,15	-
Habitación 3	16,95	Norte
Baño 2	4,55	Norte

Tabla 3: Área de cada espacio de la primera planta de la vivienda.

Cabe destacar que el baño 1 no posee ventana y el vestíbulo no posee muro ni ventana al exterior.

La vivienda consta de un total de 108,24 metros (sin contar el Garaje) habitables.

En el apartado de dimensionamiento de la instalación (Apartado 3.4) se tendrán en cuenta las ventanas para el cálculo de las cargas térmicas.

2.2 Situación climática de la zona.

En cuanto al clima de la localidad de Ugena, al igual que el clima en la zona de la Sagra, se caracteriza por ser un clima de tipo Continental. Este clima se caracteriza por veranos muy cálidos y poco lluviosos e inviernos fríos con heladas, además apenas se logra distinguir la primavera ni el otoño.

Además atendiendo al Código Técnico de la Edificación (CTE) {19} y concretamente a la parte DB-HE-1, el municipio de Ugena se encuentra en la zona climática C (Esto se utilizará en el cálculo de las transmitancias de los muros en el apartado 3.4).

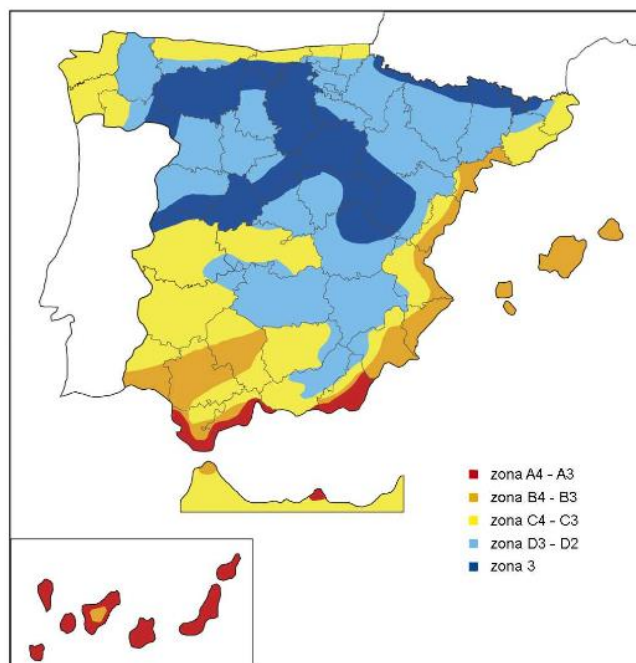
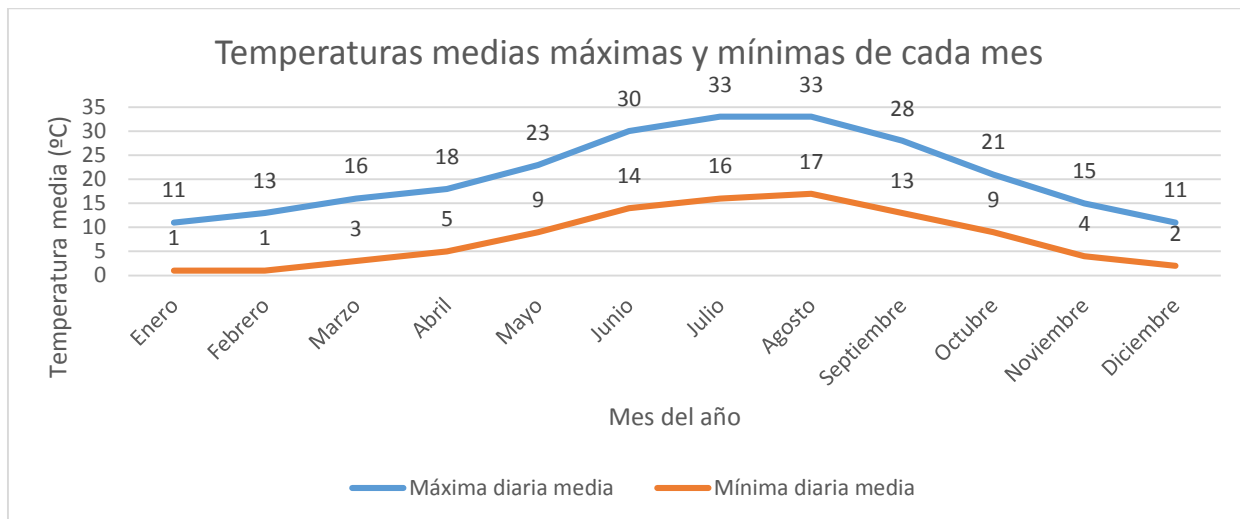


Figura 4: Zonas climáticas según el CTE DB-HE-1 {19}.

En la siguiente gráfica se pueden observar las temperaturas máximas medias y mínimas medias a lo largo del año en Ugena según Meteoblue {11}. Para el cálculo de la caldera de pellet a instalar y la demanda de la vivienda, se volverán a utilizar estos datos, concretamente los de los meses entre Octubre y Marzo que es donde se utilizará la calefacción.



Gráfica 3: Temperatura media mensual máxima y mínima a lo largo de los últimos 30 años en Ugena {11}.

A continuación se muestran las temperaturas medias mensuales en el municipio de Ugena, obtenidas a partir de las temperaturas máxima y mínima de cada mes que se han extraído de Meteoblue {11}.

Mes	Temperatura media exterior
Octubre	15 °C
Noviembre	9,5 °C
Diciembre	6,5 °C
Enero	6 °C
Febrero	7 °C
Marzo	9,5 °C

Tabla 4: Temperaturas medias exteriores en Ugena (Toledo) {11}.

La temperatura media exterior más baja registrada corresponde al mes de Enero y tiene un valor de 6°C, este valor se utilizará en el apartado correspondiente al cálculo de cargas térmicas (Apartado 3.4.3).

2.3 Situación origen y actual de la vivienda.

Para entender la situación actual de la vivienda, en primer lugar se debe explicar la situación origen en la que se compró la vivienda en el año 2.000. Cuando se realizó la compra de la vivienda, en el municipio de Ugena todavía no existían las instalaciones de gas natural en las viviendas, la climatización para el invierno de las viviendas se realizaba mediante butano o mediante sistemas eléctricos de calefacción como el que venía instalado en la vivienda que se estudia.

El sistema de calefacción instalado en la mayoría de chalets de la zona hasta el año 2.005 era llamado “de tarifa nocturna”. Este nombre hacía alusión a la tarifa eléctrica que venía preinstalada en la vivienda, diseñada para los radiadores con acumuladores de calor que se utilizaban. Este sistema se caracteriza por unos radiadores eléctricos compuestos por acumuladores refractarios en su interior, que funcionan mediante ciclos de carga y descarga acumulando el calor durante la noche, cuando la tarifa es más económica y desprendiendo el calor durante el día.



Figura 5: Imagen del radiador eléctrico instalado en una de las habitaciones de la vivienda.

Cada radiador, en función del tamaño y de la potencia del mismo puede disponer de entre 3 y 8 ladrillos refractarios en su interior. En la vivienda, al igual que si fueran radiadores de gas natural se instalan 1 o 2 radiadores en función del tamaño de la estancia a calentar. Dichos radiadores también constan de un sistema de regulación de la carga y descarga que permite ajustar el nivel de acumulación y disipación de calor entre distintos valores.

El problema surge cuando aproximadamente hace año y medio entró en vigor la nueva tarifa eléctrica con la implantación de los contadores inteligentes, los cuales calculan la tarifa minuto a minuto en función del precio que marca el mercado mayorista de electricidad. Esto supuso el fin de la tarifa nocturna, también denominada “discriminación horaria”, que permitía un ahorro de hasta el 40% en las denominadas “horas valle” que iban desde las 22:00 h hasta las 12:00 h en invierno y desde las 23:00 h hasta las 13:00 h en verano, periodos en los cuales durante el invierno se llevaba a cabo la carga de los ladrillos refractarios.

La principal desventaja de este sistema de radiadores eléctricos es la baja eficiencia de los mismos, que junto al alto precio de la electricidad que ha ido incrementándose en los últimos años, forma una combinación idónea para llegar hasta la situación actual en la que se encuentra la vivienda para realizar la climatización en invierno, la caldera de pellet de aire, cuyo funcionamiento se detallará en el apartado 3.1.

Durante el verano del año 2016 se tomó la decisión de instalar una caldera de pellet por aire. Los tipos de calderas de pellets existentes se explicarán en el apartado 3.1, pero básicamente la caldera está instalada en el salón-comedor de la vivienda, pegada al muro exterior que comunica con el patio, y reparte el aire caliente a lo largo de las distintas estancias sin ninguna instalación de radiadores ni de conductos, únicamente distribuye el calor a través del movimiento del aire caliente que expulsa la estufa a través de los orificios de los que dispone en la parte delantera.

Pero el objetivo de este trabajo, es dar un paso adelante debido a que el reparto de calor a la segunda planta mediante esta caldera es bastante complicado y se pierde bastante eficiencia. Para ello se desea instalar una caldera de pellet denominada como termoestufa o hidroestufa, la cual a través de radiadores de agua caliente reparte el calor de manera más uniforme y estable a lo largo de toda la vivienda.

La diferencia de precio en ambos tipos de estufas es considerable, debido a que la instalación de termoestufas conlleva realizar la instalación de los radiadores de agua si la vivienda no dispone de ellos como es el caso. El caso de la termoestufa es el que se pretende analizar económica y medioambientalmente en el presente proyecto.

En cuanto al agua caliente, la vivienda dispone de un termo eléctrico de 150 litros, el cual a través de una resistencia calienta el agua que se almacena en su interior cuando la temperatura de la misma se encuentra por debajo del nivel seleccionado.

El calderín se encuentra siempre lleno de agua y cuando se utiliza agua caliente, vuelve a entrar agua fría poniéndose en funcionamiento de nuevo la resistencia.

El termo actualmente instalado, cuya carga se realiza eléctricamente, tarda en estar completamente lleno aproximadamente 6 horas (se pretende que con la termoestufa se cargue en 1,5 h). Para disminuir el gasto de luz que supone que la resistencia se ponga en funcionamiento cada vez que se utilice el agua fría, se instaló un interruptor horario que provoca que la carga del termo se realice únicamente de madrugada (cuando no se utiliza el ACS).

Este interruptor horario en el cual se enchufa el termo, permite la llegada de corriente al termo únicamente en las horas indicadas en el aparato (actualmente entre los 1:00 h y las 7:00 h de la madrugada). El agua dura prácticamente todo el día caliente en el interior del mismo debido a que la capacidad del termo es adecuada para las cuatro personas que habitan la vivienda.

Este sistema de ACS, al contrario que la estufa de pellet por aire que va a ser sustituida, se va a mantener en la vivienda como complemento a la instalación que se realice para ACS con la termoestufa. Esto implica que durante los meses de Octubre a Marzo, se emplee el sistema instalado en la caldera para la obtención de agua caliente y el resto de meses se siga utilizando el termo eléctrico. Además si surgiese cualquier problema con la termoestufa, la vivienda sigue contando con agua caliente.

2.4 Planos de la vivienda.

Planta baja:

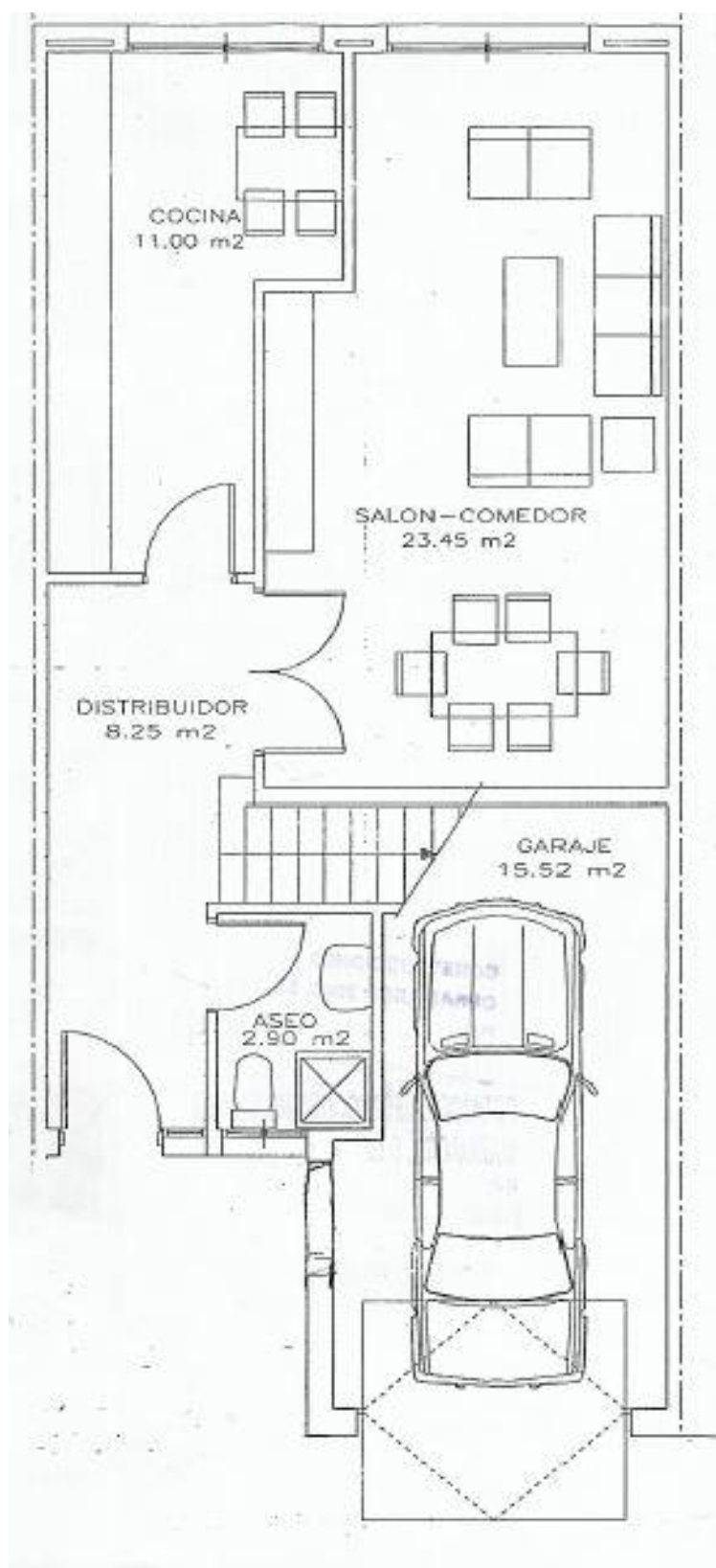


Figura 6: Plano de la planta baja de la vivienda.

Primera planta:

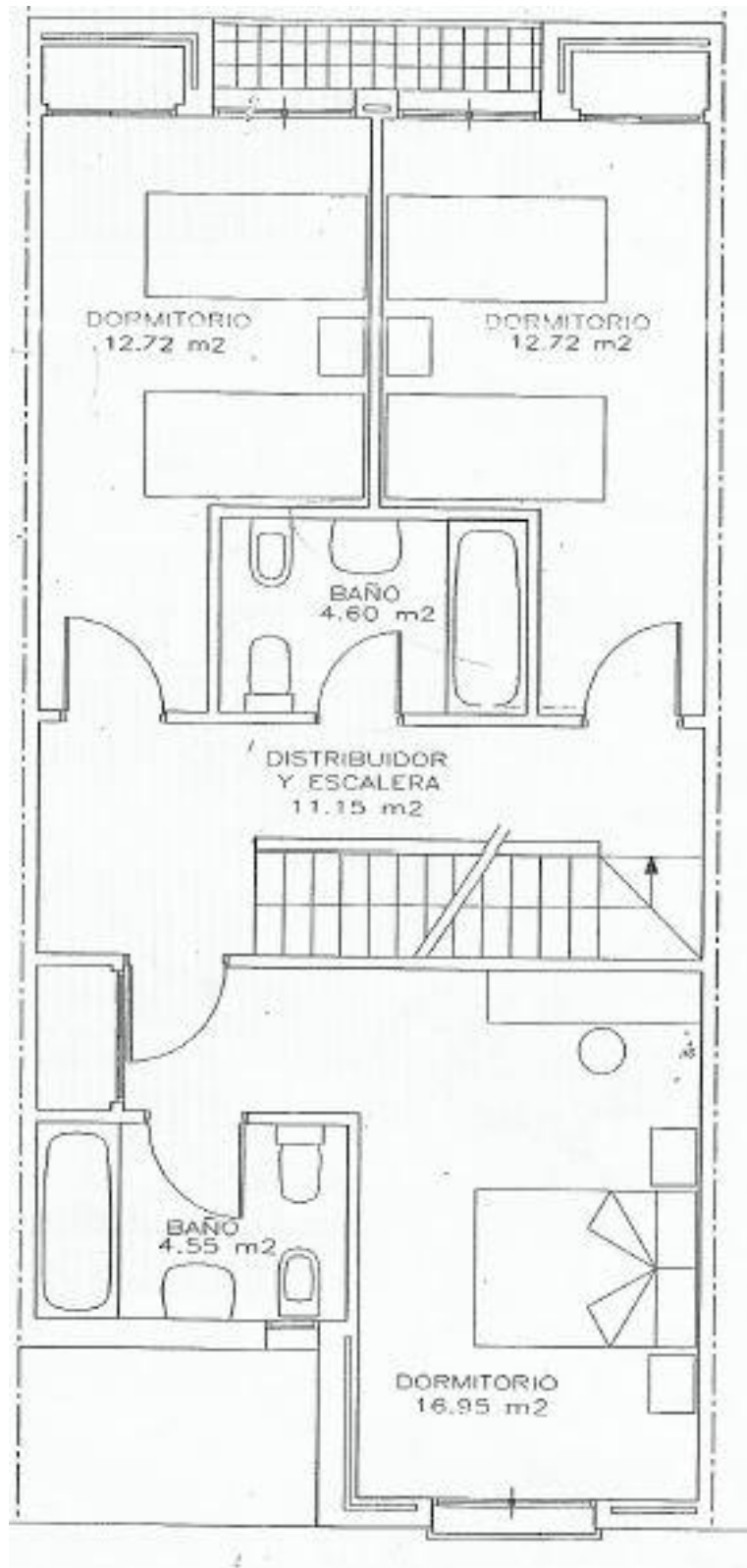


Figura 7: Plano de la primera planta de la vivienda.

3. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y ACS.

En este apartado, antes de realizar el dimensionado de las dos instalaciones, se van a explicar los distintos tipos de calderas de pellets que existen, así como los combustibles que se pueden emplear. Posteriormente, se realizará los cálculos para las instalaciones de calefacción y ACS.

3.1 Tipos de calderas de pellets.

En primer lugar, antes de pasar a ver los tipos de calderas de pellets que existen, conviene conocer el significado de la palabra pellet. Pellet, es un tipo de combustible que se obtiene directamente de la naturaleza. Está compuesto de serrín y viruta prensada que se encuentra en residuos industriales y agrícolas.

En el siguiente apartado (Apartado 3.2), se analizarán los distintos tipos de biomasa, en este apartado se van a tratar los distintos tipos de calderas de pellets clasificados según su producción térmica y según el método de transmisión de calor que se vaya a utilizar.

3.1.1 Tipos de calderas de pellets según su producción térmica.

En este apartado se pueden encontrar:

- **Calderas de baja potencia:** Destinadas a viviendas unifamiliares o construcciones de pequeño tamaño.
- **Calderas diseñadas para edificio de viviendas:** Con mayor complejidad, están destinadas a funcionar como calefacción central en un bloque de viviendas.
- **Centrales térmicas:** Diseñadas para calentar varios edificios o instalaciones.

3.1.2 Tipos de calderas de pellets según el método de transmisión de calor.

Entre los distintos tipos de estufas de pellets que existen según como se realice la transmisión del calor, se encuentran:

- **Estufas canalizables:** Se canaliza el flujo de aire caliente mediante tubos a través de las distintas estancias de la vivienda.
- **Estufas de aire:** No lleva ninguna instalación adicional mayor a la de la propia estufa, pero únicamente calienta la estancia en la que se encuentre la misma y las más próximas. Son las más económicas.
Este es el tipo de estufa que se encuentra actualmente instalado en la vivienda que se está estudiando, se pretende sustituir debido a que como la vivienda dispone de dos plantas, el calor no se reparte de manera uniforme a través de las distintas habitaciones.
- **Termoestufas o hidroestufas:** Calientan las diferentes zonas o estancias donde se encuentren instalados radiadores de agua caliente o suelo radiante.
- **Estufas de perfil estrecho:** Son estufas con un diseño más compacto e ideales para utilizar en pasillos e instancias estrechas.



Figura 8: Diseños de distintos tipos de estufas {4}.

3.2 Tipos de combustible para las calderas de pellets.

En las calderas de biomasa existen dos configuraciones en cuanto al tipo de combustible que puede transformar en calor cada caldera y se clasifican en:

- **Calderas poli combustible:** Permite utilizar distintos tipos de combustibles como pellets, briquetas, huesos de aceituna, etc. Además permite aprovechar al máximo su poder calorífico.
- **Calderas mono combustible:** Sus prestaciones se encuentran reducidas a la combustión de un solo elemento, normalmente el pellet.

Los distintos tipos de combustibles para calderas de biomasa que existen son:

- **Pellets:** Son residuos forestales que destacan por su alto poder calorífico y bajo contenido en ceniza, pero su precio es más elevado que el de otros combustibles de biomasa.
- **Briquetas:** Cilindros de biomasa con tamaño superior al del pellet provenientes principalmente de aserraderos. Se caracterizan por tener un bajo contenido de humedad y una densidad de en torno a 1.000 kg/m^3 .
- **Leña:** Es uno de los combustibles más utilizados para la obtención de calefacción que también puede ser utilizado en numerosas calderas de pellets.
- **Astillas:** Son trozos pequeños de madera cuya longitud varía entre los 5 y los 100 mm y su calidad depende de la materia prima de la cual proceden. Son menos densas que los pellets y su alto contenido en cenizas las convierte en poco recomendables para el uso en viviendas, ya que aumenta el mantenimiento de limpieza.
- **Cáscaras de almendras y huesos de aceitunas:** Proviene de la industria del fruto seco y de la producción de aceite de oliva. Normalmente, los proveedores de estos combustibles suelen realizar tareas para reducir el grado de humedad. Suelen ser combustibles económicos y de buena calidad pero se debe atender a las distintas calidades que pueden presentar.



Figura 9: Imagen de los distintos tipos de combustibles {26}.

Pero no solo se debe considerar el tipo de combustible a emplear, también se debe tener en cuenta la calidad dentro de cada combustible, en particular el pellet se rige por normas de calidad entre las que se encuentran las siguientes: ENplus y DINplus.

La norma europea que se utiliza mayoritariamente en España es la EN 14961-2 la cual establece tres niveles/clases de calidad: A1, A2 y B. El nivel de calidad A1, corresponde a pellets de origen forestal y residuos de madera sin tratar químicamente. Contienen bajos contenidos en ceniza, nitrógeno y cloro. El nivel A2, corresponde a pellets con contenidos en ceniza, nitrógeno y cloro mayores que el anterior nivel. Finalmente el nivel B, permite utilizar madera que provenga del reciclaje.

Concretamente, las clases A1 y A2, tienen establecidos unos límites en cuanto a diámetro, longitud, densidad, poder energético, contenidos químicos, etc.

La norma ENplus también comprende esos tres niveles de calidad mientras que DINplus solo recoge el nivel A1.

En cuanto a la comparación económica del pellet frente a otros combustibles tradicionales, resulta llamativa la siguiente imagen:



***Precios orientativos**

Figura 10: Equivalencias pellet vs otros combustibles {4}.

Como se observa, la diferencia de precio es muy interesante en el caso del pellet frente a la bombona de butano, pero también considerable frente a la electricidad.

Para finalizar con los tipos de combustibles, se muestra una tabla con los PCI de los distintos tipos de combustible y la humedad de los mismos.

Combustible	PCI (kJ/Kg)	Humedad (%)
Pellets	17.000-19.000	< 15
Astillas	10.000-16.000	< 40
Huesos de aceituna	18.000-19.000	7 – 12
Cáscara de almendra	16.000-19.000	8 - 15
Leña	14.400-16.200	< 20
Briquetas	17.000-19.000	< 20

Tabla 5: PCI y Humedad de los distintos tipos de combustibles para calderas de pellets {14}.

Cabe destacar, que cuanto menor humedad y mayor Poder Calorífico, mayor rendimiento del combustible.

En cuanto al nivel de Poder Calorífico, destacan los huesos de aceituna, los pellets y las cáscaras de almendra sobre el resto de combustibles, al igual que en cuanto a la humedad. Con una relación PCI-Humedad poco competitiva se encuentran las astillas. La leña y las briquetas se encuentran más o menos a un nivel intermedio en la relación PCI-Humedad.

El combustible que se utilizará en la caldera termoestufa que se pretende instalar en la vivienda, será el pellet.

En cuanto a los precios del pellet, son bastante variados en función de la calidad del mismo y de la cantidad que se compre, en el caso de la vivienda unifamiliar, se comprarán en grandes cantidades y se almacenarán en el garaje de la vivienda para su posterior uso. El precio de los pellets se estudiará en el apartado correspondiente a los presupuestos, concretamente en el apartado 4.1.7.

3.3 Descripción de componentes y principio de funcionamiento de una hidroestufa.

Para la instalación común de la hidroestufa y su posterior utilización simultánea para la obtención de ACS y calefacción, se necesitan los siguientes componentes:

- Válvula de descarga (Evita sobrepresión en la caldera).
- Regulador de tiro (Permite introducir mayor cantidad de Oxígeno para una mayor combustión).
- Filtro (Elimina posibles impurezas en el agua).
- Manómetro (Mide la presión en la entrada de agua a la estufa).

Las hidroestufas funcionan de manera similar a una caldera convencional. El calor generado de la combustión se transmite al agua mediante un intercambiador de calor aire-agua que se encuentra en el interior de la caldera.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la estufa que se instalará en la vivienda utilizará como combustible el pellet, cuya combustión se realiza electrónicamente.



Figura 11: Imagen del contenedor de pellet de la estufa de instalada en la vivienda actualmente.

El combustible se recoge del depósito (normalmente situado en la parte superior de la estufa) y se transporta hacia la cámara de combustión. Esta combustión se inicia a través de una resistencia eléctrica. Posteriormente, el aire que se utilizará para calentar el agua, se extrae a través de un ventilador que lo reparte hacia el intercambiador, y el mismo ventilador realiza la expulsión de los humos de la combustión hacia la chimenea instalada junto a la estufa.

Las cenizas generadas en la combustión se almacenan en un cajón, el cual debe ser limpiado con asiduidad para evitar el mal funcionamiento de la máquina.



Figura 12: Imagen del cenicero en la estufa instalada en la vivienda actualmente.

En la parte trasera de la estufa, se sitúa la salida de humos, la salida de los gases de escape hacia el exterior de la vivienda se realiza mediante tubos de acero inoxidable que cuentan con una legislación concreta que se detallará en el apartado de normativa de este trabajo (Apartado 6). Debido a esta normativa, las estufas de pellets en general se deben colocar pegadas a un muro próximo al exterior de la vivienda dada la limitación de tramos de tubo horizontal que se pueden colocar. En el caso particular de la hidroestufa que se pretende instalar con la realización de este trabajo, iría situada en el salón-comedor que está situado en las proximidades del patio hacia donde se sacarían los tubos de gases de escape.

3.3.1 Componentes y funcionamiento de la hidroestufa para calefacción

Los componentes necesarios para utilizar la estufa para calefacción son los siguientes:

- Vaso expansión cerrado (Absorbe el aumento de volumen del agua al calentarse).
- Bomba circuladora (Permite devolver el agua caliente desde la estufa a los radiadores).

- Válvula de seguridad (Permite la salida del agua en caso de emergencia).
- Purgador (Permite la evacuación de aire en tuberías de agua).
- Termostato (Regula la temperatura a la que entra el agua en los radiadores).
- Manómetro (Controla la presión a la que entra el agua en los radiadores).
- Filtro (Elimina impurezas en el agua que se introduce en los radiadores).
- Llaves de paso (Permite/No permite la entrada del flujo de agua).
- Válvula de control (Permite la utilización de la hidroestufa únicamente en modo calefacción)

El recorrido del agua desde la toma hasta la entrada en los radiadores es el siguiente:

El agua pasa por un filtro y el manómetro antes de introducirse en la estufa. A través del intercambiador de calor aire-agua que posee la estufa, se calienta el agua que al salir de la misma pasará por la bomba circuladora y el purgador, encontrándose en su camino hacia el radiador con un termostato que regula la temperatura del agua en el radiador, y de nuevo un filtro y un manómetro. El agua caliente atraviesa finalmente los distintos radiadores instalados en la vivienda, para desembocar este agua a menor temperatura en el circuito de retorno hacia la hidroestufa.

Mediante las llaves de paso que se situarán a la entrada de la estufa, se permite la entrada o no de agua en la misma para cuando no se utilice.

Una vez se llene el circuito de los radiadores de agua, dejará de entrar agua fría hacia la estufa y únicamente se irá aumentando la temperatura del agua ya existente en los mismos si es necesario mediante el circuito de retorno del cual disponen los radiadores.

3.3.2 Componentes y funcionamiento de la hidroestufa para ACS.

Los componentes que se necesitan para utilizar la termoestufa para la obtención de ACS son:

- Depósito acumulador de agua (Contiene el agua caliente una vez haya pasado por la estufa).
- Válvula de seguridad (Permite salida del agua en caso de emergencia).
- Termostato (Regula temperatura del agua a la salida de la estufa).
- Filtro (Elimina impurezas del agua).
- Llaves de paso.
- Válvula de control (Permite utilizar la hidroestufa únicamente en modo ACS)



Figura 13: Ejemplo de depósito acumulador de agua {6}.

El recorrido que realiza el agua es el siguiente:

El agua fría se introduce en el depósito acumulador cuando se utiliza agua caliente en la vivienda, esta agua es impulsada hacia el intercambiador de calor de la estufa. Al salir de la misma, el agua ya caliente pasa por la válvula de seguridad, el filtro y el termostato que regula su temperatura, hasta dirigirse de nuevo al termo donde se almacena el agua caliente hasta que se produzca de nuevo demanda de esta en la vivienda.

La ventaja de utilizar el depósito acumulador de agua, es que cuando no se utilice la hidroestufa, la vivienda también dispondrá de ACS ya que este dispone de una resistencia que cumple la función de la estufa en ausencia de la misma (cabe recordar que la utilización de la estufa está prevista únicamente para los meses de Octubre-Marzo).

Al igual que con la calefacción, mediante las llaves de paso se puede permitir o no la utilización de la estufa para calentar el agua, permitiendo que el agua penetre o no en la hidroestufa.

3.3.3 Esquema general de la instalación.

Los circuitos tanto para la calefacción como para el Agua Caliente Sanitaria que se han mencionado en los apartados 3.3.1 y 3.3.2 de este trabajo, son uno de los posibles ejemplos de configuración que se pueden adoptar con las termo estufas que se utilizan tanto para calefacción como para la obtención de ACS.

Las configuraciones anteriormente mencionadas se pueden esquematizar mediante el siguiente dibujo (Esta figura sirve únicamente para conocer el recorrido que realizará el agua en la instalación, los elementos necesarios son los mencionados respectivamente en los apartados 3.3.1 y 3.3.2).

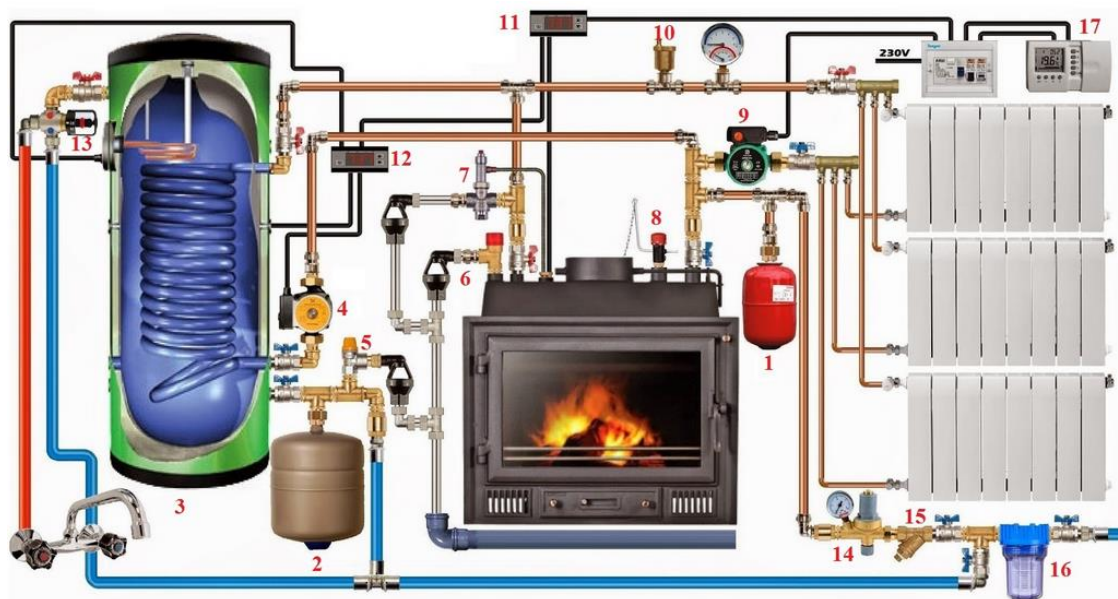


Figura 14: Posible esquema instalación {28}.

El recorrido que sigue el agua en este esquema es el mencionado respectivamente en los puntos anteriores. Además, si la instalación sigue este esquema, la temperatura del agua a la salida de la estufa es la determinada en uno de los siguientes dos modos para los que se programará la estufa:

- **Modo calefacción:** El agua se calienta hasta los 65º C aproximadamente para alimentar los radiadores y dicha temperatura es disminuida mezclándose el agua caliente con agua fría a la salida del termo, para su utilización posterior como ACS si se utiliza estando activado este modo.
- **Modo ACS:** El agua se calienta hasta los 55-60º C para su almacenamiento en el termo y posterior utilización como ACS, a esta temperatura circula el agua para la calefacción obteniendo una temperatura menor en el ambiente (Entre 18 y 19º C) que la deseada (En torno a 23º C).

Debido a que el termo de ACS se desea que tarde en cargarse una hora y media, y que el agua caliente dura todo el día almacenada en el mismo para las 4 personas que residen en la vivienda, se instalará en la estufa un programador que mantendrá activado el modo calefacción durante todo el día (12 horas previstas de uso de calefacción) mientras que el modo ACS se utilizará en las primeras horas del día o de madrugada, para evitar ver disminuido el rendimiento de la calefacción durante las horas principales del día debido a la temperatura inferior del agua.

Cabe destacar que las salidas de agua caliente procedente de la estufa hacia los radiadores y hacia el termo de agua, estarán separadas mediante válvulas de control para poder utilizar cada opción por separado o ambas a la vez, es decir, se podrá utilizar el modo ACS sin que el agua caliente circule por el circuito de calefacción y viceversa.

3.4 Dimensionado de la instalación de calefacción de la vivienda.

Para realizar los cálculos de la potencia necesaria de la estufa que se instalará en la vivienda, se van a estudiar por separado los distintos casos, es decir, la utilización de la hidroestufa para calefacción y la utilización de la hidroestufa para obtención de ACS. Posteriormente se escogerá el caso más desfavorable de los dos para determinar la potencia que deberá tener la termoestufa.

En cuanto al cálculo de la instalación de calefacción, en primer lugar se van a mencionar los tipos de cargas térmicas a analizar, posteriormente se calcularán los coeficientes de transmisión térmica de cada cerramiento y estancia de la vivienda, y finalmente se calculará la carga térmica necesaria en cada estancia de la vivienda y en la vivienda en general.

3.4.1 Cargas térmicas a considerar.

Para el cálculo de cargas térmicas en un sistema de calefacción deben tenerse en cuenta las siguientes cargas térmicas:

- **Carga térmica de transmisión (Q_{TT}):** Son las cargas térmicas procedentes de la transferencia de calor entre muros, ventanas, puertas, techo y suelo. Se calcula mediante la expresión [1]:

$$Q_{TT} = U * C_1 * \text{Área} * \Delta T. \quad [1]$$

Donde U es el coeficiente de transmisión de calor, C_1 es el coeficiente de orientación de que depende de la orientación que tenga el muro/ventana (Es 1 si la orientación es Sur, 1,2 si la orientación es Norte y 1,1 si la orientación es Este u Oeste), Área es el área del muro/ventana/suelo/techo y ΔT es el incremento de temperaturas entre el exterior y el interior de la vivienda.

- **Carga térmica de renovación (Q_{TR}):** Está relacionada con la ventilación del edificio. Se divide en latente y sensible. No se considerará la carga térmica latente que está relacionada con la humidificación y deshumidificación del aire. La carga térmica sensible (Q_{TS}) se calcula:

$$Q_{TS} = m' * C_p * \Delta T. \quad [2].$$

Donde " m' " es la masa específica del aire, " C_p " es el calor específico del aire y " ΔT " es el incremento de temperaturas entre el interior de la vivienda y el exterior.

- **Carga térmica de infiltración (Q_{TI}):** Es debida a la renovación de aire involuntaria que se produce entre los huecos existentes entre las ventanas y las puertas. Suele calcularse como un porcentaje de la carga térmica de renovación, en este caso se utilizará el 25% de la carga térmica de renovación.

- **Carga térmica debida a las personas (Q_{TP}):** Suele considerarse entre 100-120 W/persona. Para este caso se utilizarán 100 W/persona.
- **Carga térmica de alumbrado (Q_{TA}) y carga térmica debida a la energía solar (Q_{TE}):** No se considerarán estas dos cargas térmicas debido a que estas son favorables hacia el objetivo final, calentar la vivienda unifamiliar.

El balance final de energía se calculará sumando las cargas térmicas que son desfavorables hacia la obtención de calefacción en la vivienda, y restando las cargas térmicas que son favorables al calentamiento de la misma, de tal manera se obtiene la siguiente carga térmica total de calefacción [3]:

$$Q_{TTC} = Q_{TT} + Q_{TR} + Q_{TI} - Q_{TP} \quad [3]$$

3.4.2 Cálculo de los coeficientes de transmisión de calor.

Los cálculos de los coeficientes de transmisión de calor, se realizarán de acuerdo al Código Técnico de la Edificación (CTE) {19}, el Reglamento de Instalaciones Térmicas para Edificios (RITE) {25} y la Normativa Básica de la Edificación (NBE-CT-79) {20}, que se han utilizado durante las diferentes asignaturas impartidas en el grado de Ingeniería mecánica relacionadas con la transferencia de calor.

De acuerdo con la zona climática en la que se encuentra el edificio, existen unos valores máximos de las cargas de transmisión que están permitidos.

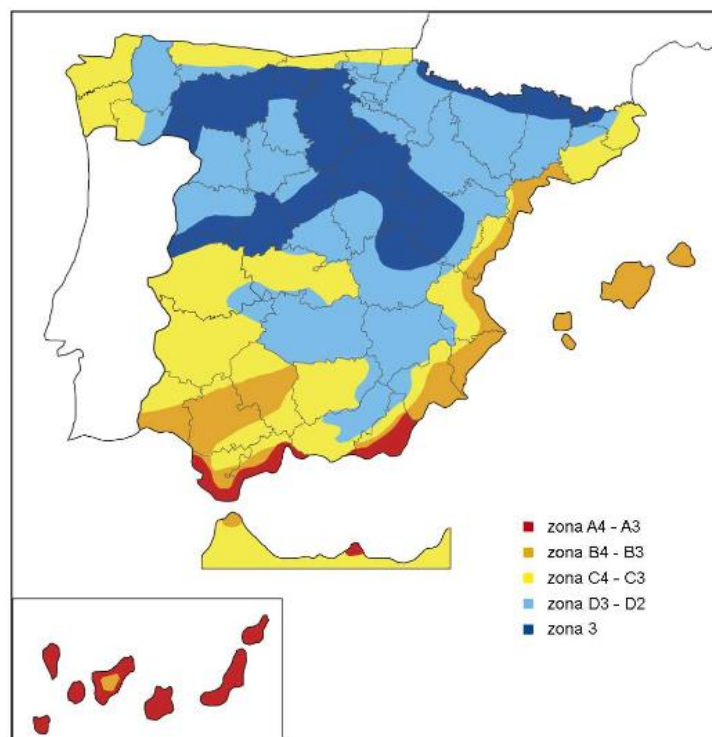


Figura 15: Zonas climáticas según el CTE {19}.

El municipio de Ugena según se observa en la figura 15 se encuentra en la zona C, por tanto los niveles máximos de transmitancia energética permitidos en la vivienda serán los siguientes:

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos ⁽²⁾	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

Figura 16: Niveles máximos de “U” permitidos según el cerramiento y la zona climática {21}.

Para realizar el cálculo de los diferentes coeficientes de transmisión de calor, se utilizan las siguientes expresiones [4] y/o [5]:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{K_1} + \frac{e_2}{K_2} + \dots + \frac{1}{h_e}} \quad [4]$$

O lo que es lo mismo:

$$U = \frac{1}{\sum \text{Resistencias térmicas}} \quad [5]$$

Donde:

- “U” es el coeficiente de transmisión de calor.
- “ $\frac{1}{h_i}$ ” es la resistencia térmica de convección interior.
- “ e_x ” es el espesor del material utilizado.
- “ K_x ” es la conductividad térmica del material utilizado en ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$).
- “ $\frac{e}{K}$ ” representa la resistencia térmica de ese material con espesor “e” y conductividad térmica “K”.
- “ $\frac{1}{h_e}$ ” es la resistencia térmica de convección exterior.

Cuando se utilice un material a continuación en el cálculo de los distintos coeficientes de transmisión, los datos de la conductividad térmica se extraerán de las siguientes tablas (Figuras 17 y 18):

Material	Densidad aparente kg/m³	Conductividad térmica λ	
		kcal/hm °C	(W/m °C)
VIDRIO (2)			
— Vidrio plano para acristalar	2.500	0,82	(0,95)
METALES			
— Fundición y acero	7.850	50	(58)
— Cobre	8.900	330	(384)
— Bronce	8.500	55	(64)
— Aluminio	2.700	175	(204)
MADERA			
— Maderas frondosas	800	0,18	(0,21)
— Maderas de coníferas	600	0,12	(0,14)
— Contrachapado	600	0,12	(0,14)
— Tablero aglomerado de partículas	650	0,07	(0,08)
PLÁSTICOS Y REVESTIMIENTOS DE SUELOS			
— Linóleo	1.200	0,16	(0,19)
— Moquetas, alfombras	1.000	0,04	(0,05)
MATERIALES BITUMINOSOS			
— Asfalto	2.100	0,60	(0,70)
— Betún	1.050	0,15	(0,17)
— Láminas bituminosas	1.100	0,16	(0,19)
MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS			
— Arcilla expandida	300	0,073	(0,085)
— Arcilla expandida	450	0,098	(0,114)
— Aglomerado de corcho UNE 5.690	110	0,034	(0,039)
— Espuma elastomérica	60	0,029	(0,034)
— Lana de vidrio:			
• Tipo I	10-18	0,038	(0,044)
• Tipo II	19-30	0,032	(0,037)
• Tipo III	31-45	0,029	(0,034)
• Tipo IV	46-65	0,028	(0,033)
• Tipo V	66-90	0,028	(0,033)
• Tipo VI	91	0,031	(0,036)
— Lana mineral:			
• Tipo I	30-50	0,036	(0,042)
• Tipo II	51-70	0,034	(0,040)
• Tipo III	71-90	0,033	(0,038)
• Tipo IV	91-120	0,033	(0,038)
• Tipo V	121-150	0,033	(0,038)
— Perlita expandida	130	0,040	(0,047)
— Poliestireno expandido UNE 53.310:			
• Tipo I	10	0,049	(0,057)
• Tipo II	12	0,038	(0,044)
• Tipo III	15	0,032	(0,037)
• Tipo IV	20	0,029	(0,034)
• Tipo V	25	0,028	(0,033)
— Poliestireno extrusionado	33	0,028	(0,033)
— Polietileno reticulado	30	0,033	(0,038)
— Polisocianurato, espuma de	35	0,022	(0,026)
— Poliuretano conformado, espuma de			
• Tipo I	32	0,020	(0,023)
• Tipo II	35	0,020	(0,023)
• Tipo III	40	0,020	(0,023)
• Tipo IV	80	0,034	(0,040)
— Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de			
• Tipo I	35	0,020	(0,023)
• Tipo II	40	0,020	(0,023)
— Urea formol, espuma de	10-12	0,029	(0,034)
— Urea formol, espuma de	12-14	0,030	(0,035)
— Vermiculita expandida	120	0,030	(0,035)
— Vidrio celular	160	0,038	(0,044)

Figura 17: Datos de materiales utilizados en la construcción de viviendas {20}.

Material	Densidad aparente kg/m³	Conductividad térmica λ	
		kcal/hm °C	(W/m °C)
ROCAS Y SUELOS NATURALES			
Rocas y terrenos			
— Rocas compactas	2.500-3.000	3,00	(3,50)
— Rocas porosas	1.700-2.500	2,00	(2,33)
— Arena con humedad natural	1.700	1,20	(1,40)
— Suelo coherente humedad natural	1.800	1,80	(2,10)
Arcilla	2.100	0,80	(0,93)
Materiales suelos de relleno desecados al aire, en fojados, etc.			
— Arena	1.500	0,50	(0,58)
— Grava rodada o de machaqueo	1.700	0,70	(0,81)
— Escoria de carbón	1.200	0,16	(0,19)
— Cascote de ladrillo	1.300	0,35	(0,41)
PASTAS, MORTEROS Y HORMIGONES			
Revestimientos continuos			
— Morteros de cal y bastardos	1.600	0,75	(0,87)
— Mortero de cemento	2.000	1,20	(1,40)
— Enlucido de yeso	800	0,26	(0,30)
— Enlucido de yeso con perla	570	0,16	(0,18)
Hormigones normales y ligeros			
— Hormigón armado (normal)	2.400	1,40	(1,63)
— Hormigón con áridos ligeros	600	0,15	(0,17)
— Hormigón con áridos ligeros	1.000	0,28	(0,33)
— Hormigón con áridos ligeros	1.400	0,41	(0,55)
— Hormigón celular con áridos síliceos	600	0,25	(0,34)
— Hormigón celular con áridos síliceos	1.000	0,58	(0,67)
— Hormigón celular con áridos síliceos	1.400	0,94	(1,09)
— Hormigón celular sin áridos	305	0,08	(0,09)
— Hormigón en masa con grava normal:			
- con áridos ligeros	1.600	0,63	(0,73)
- con áridos ordinarios, sin vibrar	2.000	1,00	(1,16)
- con áridos ordinarios, vibrado	2.400	1,40	(1,63)
— Hormigón en masa con arcilla expandida	500	0,10	(0,12)
— Hormigón en masa con arcilla expandida	1.500	0,47	(0,55)
Fabrica de bloques de hormigón incluídas juntas (1)			
— Con ladrillos silicocalcáreos macizo	1.600	0,68	(0,79)
— Con ladrillos silicocalcáreos perforado	2.500	0,48	(0,56)
— Con bloques huecos de hormigón	1.000	0,38	(0,44)
— Con bloques huecos de hormigón	1.200	0,42	(0,49)
— Con bloques huecos de hormigón	1.400	0,48	(0,56)
— Con bloques hormigón celular curado vapor	600	0,30	(0,35)
— Con bloques hormigón celular curado vapor	800	0,35	(0,41)
— Con bloques hormigón celular curado vapor	1.000	0,40	(0,47)
— Con bloques hormigón celular curado aire	800	0,38	(0,44)
— Con bloques hormigón celular curado aire	1.000	0,48	(0,56)
— Con bloques hormigón celular curado aire	1.200	0,60	(0,70)
Placas o paneles			
— Cartón-yeso	900	0,15	(0,18)
— Hormigón con fibra de madera	450	0,07	(0,08)
— Placas de escayola	800	0,25	(0,30)
LADRILLOS Y PLAQUETAS			
— Fabrica de ladrillo macizo	1.800	0,75	(0,87)
— Fabrica de ladrillo perforado	1.600	0,65	(0,76)
— Fabrica de ladrillo hueco	1.200	0,42	(0,49)
— Plaquetas	2.000	0,90	(1,05)

Figura 18: Datos de materiales utilizados en la construcción de viviendas [20].

3.4.2.1 Coeficientes de transmisión de calor en muros exteriores.

Los materiales utilizados en la fabricación de los muros exteriores y las resistencias térmicas de dichos materiales son los siguientes:

Material	Coeficiente de Conductividad K (W/K*m)	Espesor (m)	Resistencia térmica (K*m²/W)
Yeso	0,3	0,02	0,07
Ladrillo hueco	0,49	0,12	0,25
Espuma de poliuretano	0,04	0,06	1,5
Ladrillo macizo	0,87	0,25	0,25

Tabla 6: Materiales de los muros exteriores de la vivienda.

Para realizar el cálculo de la resistencia a través del muro, además intervienen la resistencia de convección exterior y la interior, que se extraen de la siguiente tabla (Figura 19) para cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal mayor de 60º y flujo horizontal:




Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		Situación del cerramiento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal > 60° y flujo horizontal.		0,13 (0,11)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤ 60° y flujo ascendente.		0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Cerramientos horizontales y flujo descendente.		0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)

Figura 19: Valores de h_i y h_e en función del cerramiento {20}.

Los valores de resistencia térmica interior y exterior para los muros según la figura 19 son:

$$\frac{1}{h_i} = 0,11 \frac{m^2 \cdot K}{W} \text{ y } \frac{1}{h_e} = 0,06 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Por tanto, realizando la suma de todas las resistencias, la R_{total} del muro queda de la siguiente manera:

$$R_{t \text{ muro}} = R_{yesso} + R_{ladrillo \text{ hueco}} + R_{poliuretano} + R_{ladrillo \text{ macizo}} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 2,24 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Calculando el valor de la transmitancia térmica para el muro, se obtiene que:

$$U = \frac{1}{R_{t \text{ muro}}} = 0,45 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Tal y como se puede observar, este valor de “U” es menor que el valor límite de $0,95 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ que se registra en la figura 16 para la resistencia térmica de los muros.

3.4.2.2 Coeficientes de transmisión de calor en la puerta de la vivienda.

El material del que consta la puerta principal de la vivienda es metal con doble acristalamiento, con cámara de 6 mm en 30 a 70%, cuyo valor de coeficiente de resistencia térmica obtenido según la siguiente tabla (Figura 20) del RITE {25} toma el valor de $4,8 \frac{W}{m^2 \cdot K}$. Las dimensiones de la puerta son de 1,5 x 2,5 m, y estas dimensiones se utilizarán para calcular el área de la puerta y su correspondiente carga térmica (Apartado 3.4.3.1).

Tipo de puerta		Separación con:	
		Exterior	Local no calefactado
Madera	Opaca	3,0 (3,5)	1,7 (2,0)
	Acristalamiento simple en < 30%	3,4 (4,0)	
	Acristalamiento simple en 30 a 60%	3,9 (4,5)	
	Acristalamiento doble	2,8 (3,3)	
Metálica	Opaca	5,0 (5,8)	3,9 (4,5)
	Acristalamiento simple	5,0 (5,8)	
	Acristalamiento doble con cámara de 6 mm en < 30%	4,7 (5,5)	
	Acristalamiento doble con cámara de 6 mm en 30 a 70%	4,1 (4,8)	
Vidrio sin carpintería		5,0 (5,8)	3,9 (4,5)

Figura 20: Valores de resistencia térmica en función del material de la puerta {20}.

3.4.2.3 Coeficientes de transmisión de calor en el techo.

Los materiales utilizados en el techo son los mismos que en los muros exteriores, pero aumenta la cantidad de material aislante utilizado tal y como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 7).

Material	Coeficiente de Conductividad K (W/K*m)	Espesor (m)	Resistencia térmica (K*m ² /W)
Yeso	0,3	0,02	0,07
Ladrillo hueco	0,49	0,12	0,25
Espuma de poliuretano	0,04	0,12	3
Ladrillo macizo	0,87	0,25	0,25

Tabla 7: Materiales del techo de la vivienda.

Los valores de resistencia térmica interior y exterior ($\frac{1}{h_i}$ y de $\frac{1}{h_e}$) corresponden ahora con los de cerramiento horizontal y flujo descendente, y dichos valores se recogen en la siguiente tabla (Figura 21):




Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Situación del cerramiento					
	De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal > 60° y flujo horizontal. 	0,13 (0,11)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤ 60° y flujo ascendente. 	0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Cerramientos horizontales y flujo descendente. 	0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)

Figura 21: Valores de h_i y h_e en función del cerramiento {20}.

$$\frac{1}{h_i} = 0,17 \frac{m^2 \cdot K}{W} \text{ y } \frac{1}{h_e} = 0,05 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Las resistencias térmicas interior y exterior junto al resto de las resistencias térmicas de la tabla 7 hacen que la resistencia térmica del techo y su correspondiente “U” tengan un valor de:

$$Rt_{techo} = 3,79 \frac{m^2 \cdot K}{W} \text{ y } U = 0,26 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Con este valor de “U” calculado, se respeta el valor máximo que se refleja en la figura 16 y que corresponde con una “U” de $0,53 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

3.4.2.4 Coeficientes de transmisión de calor de las ventanas.

Las ventanas de las que consta la vivienda son de tipo climalit, estas consisten en una cámara de aire entre dos vidrios que ayudan a la climatización y aislamiento del edificio.

Material	Espesor (mm)
Vidrio	3
Cámara de aire	10

Tabla 8: Materiales de las ventanas de la vivienda.

De la figura 17, se obtiene el valor del coeficiente de conductividad térmica “K” del vidrio cuyo valor es de $K_{vidrio} = 0,81 \frac{W}{m \cdot K}$.

La resistencia térmica que proporciona la cámara de aire se obtiene de la siguiente tabla (Figura 22), considerando una cámara de aire vertical y flujo horizontal de espesor 10 mm, cuyo valor de resistencia térmica de la cámara de aire es:

$$Rt_{cámara} = 0,14 \frac{m^2 \cdot K}{W}.$$

Situación de la cámara y dirección del flujo de calor	Espesor de la cámara, en mm				
	10	20	50	100	≥150
Cámara de aire vertical y flujo horizontal	0,16 (0,14)	0,19 (0,16)	0,21 (0,18)	0,20 (0,17)	0,19 (0,16)
Cámara de aire horizontal y flujo ascendente	0,16 (0,14)	0,17 (0,15)	0,19 (0,16)	0,19 (0,16)	0,19 (0,16)
Cámara de aire horizontal y flujo descendente	0,17 (0,15)	0,21 (0,18)	0,24 (0,21)	0,24 (0,21)	0,24 (0,21)

Figura 22: Valores de Resistencias térmicas de las cámaras de aire de ventanas {20}.

Los valores de resistencia térmica de convección $(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e})$ corresponden a los valores de la figura 19 de $0,11 \frac{m^2 \cdot K}{W}$ y $0,06 \frac{m^2 \cdot K}{W}$ respectivamente para cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal mayor de 60 ° y flujo horizontal.

Por tanto, el valor de la resistencia total de la ventana utilizando los datos de la tabla 8, figura 22 y figura 19 es:

$$Rt_{ventana} = \frac{e_{vidrio}}{K_{vidrio}} * 2 + Rt_{cámara} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0,32 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

El valor de “U” que se obtiene para las ventanas utilizando la expresión [5] es:

$$U = \frac{1}{R_{t_{ventana}}} = 3,15 \frac{W}{m^2 \cdot K}.$$

Tal y como se puede apreciar en la figura 16, el valor de “U” hallado es menor que el máximo valor de “U” permitido ($4,4 \frac{W}{m^2 \cdot K}$) en las ventanas.

3.4.2.5 Coeficiente de transmisión de calor del suelo.

Para realizar el cálculo del coeficiente de transmisión de calor del suelo, se debe tener en cuenta la solera de 2 m que posee la vivienda.

Dicha solera corresponde con la parte de la vivienda que se encuentra enterrada tal y como se muestra en la siguiente figura (Figura 23).

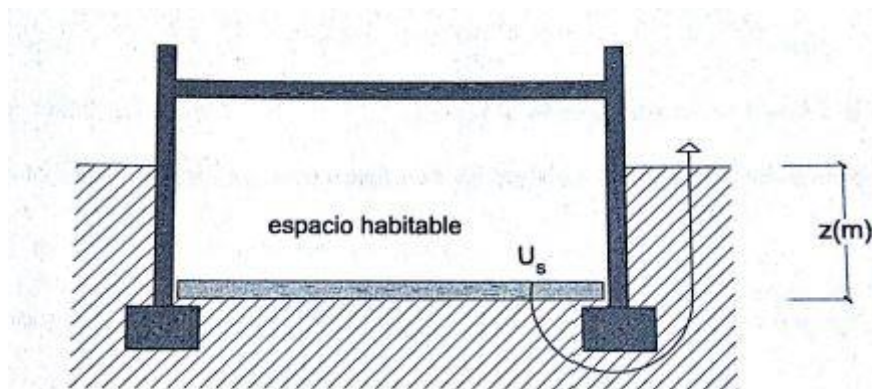


Figura 23: Representación esquemática de una solera [20].

Para ello, se calcula la longitud característica B' (es el cociente entre el área del suelo y la longitud de su semiperímetro).

El área de la fachada de la vivienda es de 15 m de largo y 6 m de ancho y el semiperímetro de la misma es de 8 m, por tanto:

$$B' = \frac{90}{8} = 11,25.$$

Además, para hallar la “U” de la solera necesitamos calcular la resistencia del suelo formado por hormigón y aislante.

Material	Coeficiente de Conductividad K (W/K*m)	Espesor (m)	Resistencia térmica (K*m ² /W)
Hormigón	1,63	0,1	0,06
Aislante	0,034	0,05	1,47

Tabla 9: Materiales del suelo de la vivienda.

Con los datos recogidos en la tabla 9, se obtiene un valor de resistencia térmica del suelo:

$$Rt_{suelo} = 1,53 \frac{m^2 * K}{W}$$

Con estos dos datos ($z = 2$ m, $Rt_{suelo} = 1,5$ y $B' = 12$), se entra en la figura 24 de la solera para hallar la U_{solera} .

B'	0.5 m < z ≤ 1.0 m				1.0 m < z ≤ 2.0 m				2.0 m < z ≤ 3.0 m				z > 3.0 m			
	Rf (m² K/W)				Rf (m² K/W)				Rf (m² K/W)				Rf (m² K/W)			
	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50
5	0,64	0,52	0,44	0,39	0,54	0,45	0,40	0,36	0,42	0,37	0,34	0,31	0,35	0,32	0,29	0,27
6	0,57	0,46	0,40	0,35	0,48	0,41	0,36	0,33	0,38	0,34	0,31	0,28	0,32	0,29	0,27	0,25
7	0,52	0,42	0,37	0,33	0,44	0,38	0,33	0,30	0,35	0,31	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,24
8	0,47	0,39	0,34	0,30	0,40	0,35	0,31	0,28	0,33	0,29	0,27	0,25	0,28	0,26	0,24	0,22
9	0,43	0,36	0,32	0,28	0,37	0,32	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,23	0,26	0,24	0,22	0,21
10	0,40	0,34	0,30	0,27	0,35	0,30	0,27	0,25	0,29	0,26	0,24	0,22	0,25	0,23	0,21	0,20
12	0,36	0,30	0,27	0,24	0,31	0,27	0,24	0,22	0,26	0,23	0,21	0,20	0,22	0,21	0,19	0,18
14	0,32	0,27	0,24	0,22	0,28	0,25	0,22	0,20	0,23	0,21	0,20	0,18	0,20	0,19	0,18	0,17
16	0,29	0,25	0,22	0,20	0,25	0,23	0,20	0,19	0,21	0,20	0,18	0,17	0,19	0,17	0,16	0,16
18	0,26	0,23	0,20	0,19	0,23	0,21	0,19	0,18	0,20	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,15
≥20	0,24	0,21	0,19	0,17	0,22	0,19	0,18	0,16	0,18	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14	0,14

Figura 24: Tabla con los valores de los coeficientes de transmisión de calor de las diferentes soleras {20}.

De la tabla 24 se extrae el valor de “U”, cuyo valor es: $U_s = 0,22 \frac{W}{m^2 * K}$. Este valor resulta menor que el valor máximo permitido de $U_{suelo} = 0,65 \frac{W}{m^2 * K}$ que se recoge en la figura 16.

3.4.3 Cálculo de las cargas térmicas.

A continuación se va a realizar el cálculo de las cargas térmicas que se detallaron anteriormente (Apartado 3.4.1).

3.4.3.1 Carga térmica de transmisión Q_{TT} .

Para realizar el cálculo de la carga térmica de transmisión total se utilizarán los coeficientes de transmisión de calor calculados anteriormente en función del tipo de cerramiento existente en cada estancia de la casa (Apartado 3.4.2). Los datos de la carga térmica de cada estancia se recogen en tablas, y posteriormente se realizará la suma de todas las cargas térmicas para calcular las necesidades térmicas de calefacción que tiene la vivienda.

Como se ha mencionado en los apartados anteriores, para la temperatura exterior de la vivienda se utilizará el dato de 6°C (temperatura media mensual más baja registrada en Ugena) y para la temperatura interior, según el RITE {25} se recomienda una temperatura interior de 21°C a 23°C, en este caso escogemos 23°C. Por tanto, el ΔT a utilizar en la ecuación de Q_{TT} será de 17 °C.

La temperatura del terreno se considerará de acuerdo al documento NBE-CT-79 {20}, según la zona climática a la que pertenezca la vivienda de acuerdo al siguiente mapa:

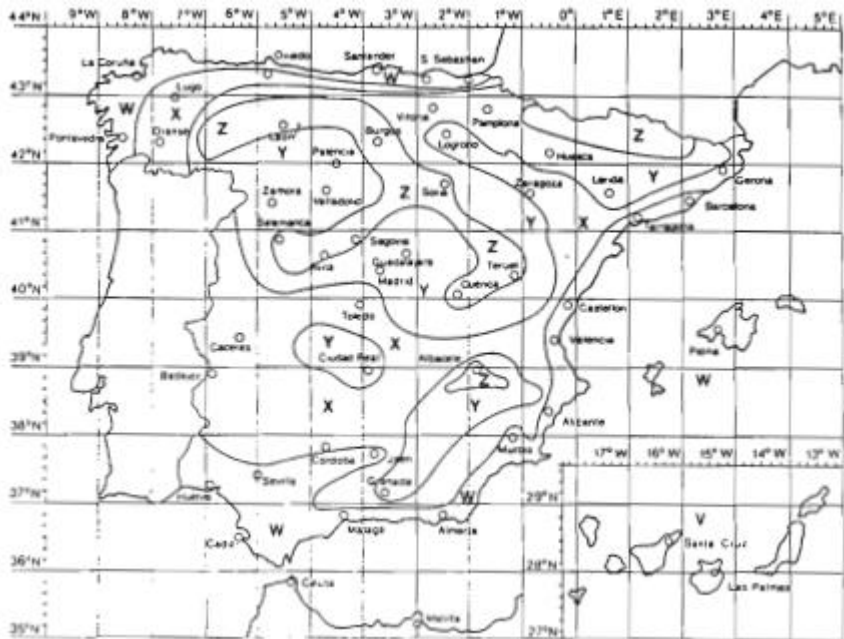


Figura 25: Mapa de zonas para el cálculo de la temperatura del terreno del NBE-CT-79 {20}.

Zona climática Mapa 2	V	W	X	Y	Z
Temperatura del terreno en °C	12	8	7	6	5

Figura 26: Temperatura del terreno en función de la zona climática según el NBE-CT-79 {20}.

Dado que el municipio de Ugena al igual que la provincia de Toledo pertenecen a la zona X, se considerará una temperatura del terreno igual a 7°C. Por tanto el ΔT a utilizar en el suelo es de 16º C.

Planta baja:

Estancia: Pasillo.

Cerramiento	C. transmisión calor (U) $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	Área (m ²)	Coef orientación (C1)	ΔT	Q (W)
Muro	0,45	1,56	1,2 (Norte)	17	14,32
Puerta	4,8	3,75	1,2 (Norte)	17	367,2

Tabla 10: Coeficientes del pasillo.

$$Q_{pasillo} = 381,52 \text{ W.}$$

Estancia: Aseo.

Cerramiento	C. transmisión calor (U) $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	Área total (m^2)	Coef orientación (C1)	ΔT	Q (W)
Muro	0,45	2,08	1,2 (Norte)	17	19
Ventana	3,15	0,28	1,2 (Norte)	17	18

Tabla 11: Coeficientes del aseo.

$$Q_{aseo} = 37 \text{ W.}$$

Estancia: Cocina.

Cerramiento	C. transmisión calor (U) $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	Área total (m^2)	Coef orientación (C1)	ΔT	Q (W)
Muro	0,45	3,3	1 (Sur)	17	25,2
Ventanas	3,15	3,96	1 (Sur)	17	212

Tabla 12: Coeficientes de la cocina.

$$Q_{cocina} = 237,2 \text{ W.}$$

Estancia: Salón.

Cerramiento	C. transmisión calor (U) $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	Área total (m^2)	Coef orientación (C1)	ΔT	Q (W)
Muro	0,45	3,3	1 (Sur)	17	25,2
Ventanas	3,15	3,96	1 (Sur)	17	212

Tabla 13: Coeficientes del salón.

$$Q_{salón} = 237,2 \text{ W.}$$

Estancia: Suelo.

Cerramiento	C. transmisión calor (U) $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	Área total (m^2)	Coef orientación (C1)	ΔT	Q (W)
Suelo	0,22	45,6	-	16	160,5

Tabla 14: Coeficientes del suelo.

$$Q_{suelo} = 160,5 \text{ W}.$$

Primera planta:

Estancia: *Habitación 1.*

Cerramiento	C. transmisión calor (U) $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	Área total (m^2)	Coef orientación (C1)	ΔT	Q (W)
Muro	0,45	4,16	1 (Sur)	17	31,8
Ventanas	3,15	2,43	1 (Sur)	17	130,2

Tabla 15: *Coefficientes de la habitación 1.*

$$Q_{hab1} = 162 \text{ W}.$$

Estancia: *Habitación 2.*

Cerramiento	C. transmisión calor (U) $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	Área total (m^2)	Coef orientación (C1)	ΔT	Q (W)
Muro	0,45	4,16	1 (Sur)	17	31,8
Ventanas	3,15	2,43	1 (Sur)	17	130,2

Tabla 16: *Coefficientes de la habitación 2.*

$$Q_{hab2} = 162 \text{ W}.$$

Estancia: *Baño 1.*

Cerramiento	C. transmisión calor (U) $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	Área total (m^2)	Coef orientación (C1)	ΔT	Q (W)
Muro	0,45	7,8	1 (Sur)	17	59,6

Tabla 17: *Coefficientes del baño 1.*

$$Q_{baño1} = 59,6 \text{ W}.$$

Estancia: Habitación 3.

Cerramiento	C. transmisión calor (U) $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	Área total (m^2)	Coef orientación (C1)	ΔT	Q (W)
Muro	0,45	5,96	1,2 (Norte)	17	54,7
Ventanas	3,15	2,88	1,2 (Norte)	17	185

Tabla 18: Coeficientes de la habitación 3.

$$Q_{hab3} = 239,7 \text{ W}.$$

Estancia: Baño 2.

Cerramiento	C. transmisión calor (U) $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	Área total (m^2)	Coef orientación (C1)	ΔT	Q (W)
Muro	0,45	5,94	1,2 (Norte)	17	54,5
Ventana	3,15	0,3	1,2 (Norte)	17	19,2

Tabla 19: Coeficientes del baño 2.

$$Q_{baño\ 2} = 73,7 \text{ W}.$$

Estancia: Techo.

Cerramiento	C. transmisión calor (U) $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	Área total (m^2)	Coef orientación (C1)	ΔT	Q (W)
Techo	0,26	62,69	-	17	277

Tabla 20: Coeficientes del techo.

$$Q_{techo} = 277 \text{ W}.$$

Los muros este y oeste no se tienen en cuenta debido a que las paredes están colindantes con otras viviendas habitadas y climatizadas en invierno.

La suma total de las cargas térmicas de transmisión es:

$$Q_{TT} = 2.027,42 \text{ W}.$$

3.4.3.2 Carga térmica de renovación Q_{TR} .

Para el cálculo de la carga térmica de renovación se utilizará la siguiente expresión [6]:

$$Q_{TS} = m' * C_p * \Delta T \quad [6]$$

Donde:

- “m” es la masa específica del aire y para calcularla se necesita el volumen de aire y la densidad del mismo. Para el volumen de aire, se utilizará el volumen de aire de la vivienda que se calculará mediante las medidas de largo, ancho y altura de cada planta de la vivienda. Por tanto, $V = 15 \text{ m largo vivienda} * 6 \text{ m de ancho vivienda} * 2,6 \text{ m de alto} * 2 \text{ plantas} = 468 \text{ m}^3$.
- “ C_p ” es el calor específico del aire cuyo valor es de $1.004 \frac{J}{Kg * K}$.
- “ ΔT ” es el incremento de temperaturas entre el interior de la vivienda y el exterior.

La densidad del aire es $\rho = 1,225 \frac{Kg}{m^3}$ y la masa de aire $m = V * \rho = 573,3 \text{ kg}$.

Calculando el flujo másico $m' = \frac{m}{3600} = 0,16 \frac{Kg}{s}$.

Finalmente para calcular la carga térmica:

$$Q_{TS} = 0,16 * 1004 * (23 - 6) = \mathbf{2.730 \text{ W}}.$$

3.4.3.3 Carga térmica de infiltración Q_{TI} .

La carga térmica de infiltración supone entre el 10% y el 30% de la carga de renovación, en este proyecto se utilizará el 25%, por tanto:

$$Q_{TI} = 0,25 * 2.730 = \mathbf{682,5 \text{ W}}.$$

3.4.3.4 Carga térmica debida a las personas Q_{TP} .

La carga térmica de personas que se va a considerar es de 100 W/persona. Dado que en la vivienda que se estudia, residen 4 personas:

$$Q_{TP} = 100 * 4 = \mathbf{400 \text{ W}}.$$

3.4.4 Cálculo de cargas térmicas total.

Realizando los cálculos de la suma de todas las cargas térmicas calculadas anteriormente se obtiene:

$$\begin{aligned} Q_{TTC} &= Q_{TT} + Q_{TR} + Q_{TI} - Q_{TP} = 2.027,42 + 2.730 + 682,5 - 400 \\ &= \mathbf{5.039,92 \text{ W}}. \end{aligned}$$

El valor tan pequeño de la carga térmica para una vivienda de algo más de 100 m^2 , se debe a que los áreas de los muros de la vivienda son muy pequeños, y a que los muros laterales de la vivienda no se han tenido en cuenta, esto es debido a que coinciden con otras viviendas que se encuentran climatizadas y por tanto no se producen apenas pérdidas de calor a través de las mismas.

Por tanto, para la instalación de calefacción, es necesario escoger una caldera de pellets con potencia térmica superior a este valor de 5.039,42 kW.

3.5 Dimensionado de la instalación de ACS de la vivienda.

Para realizar el dimensionado de la potencia que será necesaria extraer de la caldera de pellets para obtener Agua Caliente Sanitaria en la vivienda, en primer lugar hay que calcular cual es el número de personas que van a hacer uso de la misma, y cuál es el consumo de cada una.

En la vivienda que se está estudiando, residen normalmente 4 personas y el Código Técnico de la Edificación (CTE) {19}, estima en 30 l/persona al día el consumo de agua. Por tanto, atendiendo a estos datos, será necesario calentar:

$$\text{Consumo diario} = 30 * 4 = 120 \frac{l}{\text{día}}.$$

A esta cantidad se le debe agregar un posible consumo extra de lavar platos y otros posibles usos del agua caliente. El termo de ACS instalado en la vivienda es de 150 l, por tanto, suficiente para abastecer la demanda diaria.

Para calcular la potencia necesaria se va a utilizar la siguiente expresión [7]:

$$Q_{ACS} = m * C_p * \Delta T \quad [7]$$

Donde:

- “m” es el caudal de agua a calentar en g/h.
- “C_p” es el calor específico del agua. $(4,18 \frac{J}{g * ^\circ C})$
- “ΔT” es la diferencia de temperaturas entre el agua que sale directamente desde la red y el agua calentada.

Para efectuar estos cálculos, según el RITE {25} la temperatura a la que debe salir desde el termo (una vez ha pasado por la estufa) el ACS es de 60°C, y la temperatura del agua de red es de unos 10°C aproximadamente. La densidad del agua se considera 1 kg/l. Por último, se desea que el termo esté completamente cargado en 1,5 h, de manera que el caudal de agua a calentar es:

$$m = \frac{150 l}{1,5 h} = 100 \frac{kg}{h} = 100.000 \frac{g}{h}.$$

Entonces:

$$Q_{ACS} = 100.000 * 4,18 * (60 - 10) = 20.900.000 \frac{J}{h} * \frac{1 kWh}{3.600.000 J} = 5,8 kW \sim \mathbf{6 kW}.$$

Este es el valor de potencia necesaria de la caldera para abastecer de ACS a la vivienda unifamiliar, a continuación (apartado 3.6) se dimensiona la caldera para obtener calefacción y agua caliente sanitaria.

3.6 Dimensionado de la instalación para calefacción y ACS.

Debido a que la carga térmica de calefacción es ligeramente superior a 5 kW y la carga térmica de ACS ronda los 5,8 kW, se debe escoger una termoestufa con potencias superiores a 6 kW, que representa el caso más desfavorable y superior a ambas demandas energéticas. De esta manera, en el apartado 4 se van a estudiar calderas de potencias superiores a 6 kW.

3.7 Operaciones de mantenimiento a tener en cuenta.

El mantenimiento de cualquier estufa y/o caldera de pellet se divide en dos:

Por un lado las acciones de limpieza que debe llevar a cabo el propio usuario, y por otro lado el cumplimiento del RITE {25} que obliga a realizar una inspección llevada a cabo por un profesional, al menos una vez al año. Además, los fabricantes de calderas de pellets aseguran que la garantía de su producto se mantendrá en vigor siempre y cuando se hayan llevado a cabo las inspecciones rutinarias anuales.

Antes de realizar cualquier tipo de inspección o limpieza de la estufa es necesario que:

- La estufa esté completamente apagada e incluso desenchufada de la red.
- La estufa se encuentre fría.
- No se utilicen disolventes u otros productos abrasivos y/o agresivos que puedan dañar la caldera.

En el caso de la limpieza que debe llevar a cabo el propio usuario, se divide en varias etapas:

- **Limpieza del cenicero:** Se recomienda realizar la limpieza del mismo diariamente con ayuda de una aspiradora o un cepillo. El cenicero se extraerá, se realizará la limpieza y se volverá a colocar en su lugar.
- **Limpieza de la zona hogar:** Es la zona en la que se encuentra el cenicero y sus alrededores. Se recomienda realizar la limpieza de esta zona mínimo una vez a la semana.
- **Cristal de la puerta:** El cristal de la puerta de la termo estufa a través del cual se puede observar la llama es de composición cerámica y posee resistencia a las altas temperaturas y al choque térmico. La limpieza del mismo se debe llevar a cabo con un cepillo y amoníaco diluido en agua, secándolo a continuación con un paño limpio y seco.
- **Alojamiento del intercambiador:** Retirando las tapas que cubren la termoestufa en su parte trasera, se accederá al hueco donde se encuentra el intercambiador. Con el uso de una aspiradora o un cepillo se recomienda realizar la limpieza de este alojamiento semanalmente.
- **Intercambiador:** La limpieza del intercambiador se realiza de manera extraordinaria, normalmente una vez al año. Esta frecuencia puede aumentar si se observa una llama muy amarilla/anaranjada o la presencia en el cristal de residuos muy oscuros.

Además, cada dos años es necesaria la limpieza por parte de un técnico de los elementos en contacto directo con el agua, así como del ventilador, del extractor de humos y su alojamiento.

Nunca debe funcionar la termoestufa sin agua en la instalación, debido a que el encendido en seco puede dañarla.

Se recuerda que en la revisión obligatoria que llevará a cabo personal cualificado, se verificará el correcto funcionamiento de la estufa así como de los conductos de salida de humos.

Finalmente, se deberán limpiar los conductos a través de los cuales se realizará la expulsión al exterior de los gases de escape procedentes de la estufa, cuya periodicidad de limpieza dependerá del tipo de generador, del combustible utilizado y de las horas de uso de la caldera.

4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN.

4.1 Elección de los materiales a comprar.

En este apartado se van a escoger todos los componentes que se necesitan para llevar a cabo la instalación de la hidroestufa de pellets que se desea instalar en la vivienda que se está analizando.

4.1.1 Elección de la termoestufa de pellets.

A raíz de los cálculos realizados anteriormente (Apartado 3.6), se procede a buscar calderas de pellets termo estufas de en torno a los 6 kW de potencia en diferentes lugares de venta.

No existen hidroestufas de potencias tan bajas, por tanto se van a estudiar hidroestufas con potencias máximas superiores a la necesaria, y con la potencia de 6 kW entre los límites de potencia mínima y máxima.

En primer lugar se analizan diferentes estufas de Leroy Merlin {4}.

Termoestufa de pellets INNOFIRE IDROCHIP.



Figura 27: Termoestufa INNOFIRE IDROCHIP {4}.

Esta caldera presenta las siguientes características:

- Superficie recomendada: Hasta 110 m².
- Potencia en calefacción: Desde 3 kW hasta 11,3 kW.
- Potencia en ACS: Hasta 9 kW.
- Medidas: 49 x 93 x 50 cm (ancho x alto x fondo).
- Rendimiento: 91,1 %.
- Autonomía: 5,5 – 20 h.
- Consumo mínimo / máximo: 0,7 – 2,6 kg/h.
- Capacidad del depósito: 14 kg.
- Presión máxima: 2 bares.

- Presión ejercicio: 1,5 bares.
- Temperatura máxima de salida humos: 240 °C.

Esta estufa posee una válvula de sobrepresión para que si se alcanza la presión máxima en la instalación, se produzca descarga de agua. Además posee en su interior una bomba para impulsar el agua hacia el circuito de calefacción y un vaso de expansión.

El importe de la caldera es de 1.590 €.

Termoestufa de pellets FREEPOINT IDRON 15.



Figura 28: Termoestufa FREEPOINT IDRON 15 {4}.

Esta caldera presenta las siguientes características:

- Superficie recomendada: Hasta 130 m².
- Potencia en calefacción: Desde 4,4 hasta 15,4 kW (min – max).
- Potencia en ACS: Hasta 10 kW.
- Medidas: 50 x 110,6 x 52 cm (ancho x alto x fondo).
- Rendimiento: 95 %.
- Autonomía: 9 – 32 h.
- Consumo mínimo / máximo: 0,9 – 3,4 kg/h.
- Capacidad del depósito: 44 kg.
- Presión máxima: 2 bares.
- Presión ejercicio: 1,5 bares.
- Temperatura máxima de salida humos: 145 °C.

Esta estufa también posee una válvula de sobrepresión y posee en su interior un vaso de expansión.

El importe de la caldera es de 3.290 €.

A continuación se analizan estufas de Ocariz & calor {31}.

TermoEstufa ECO-HIDRO 13.



Figura 29: Termoestufa ECO-HIDRO 13 {31}

La estufa ECO-HIDRO de 13 kW presenta las siguientes características según el fabricante:

- Potencia cedida al ambiente: 1,8 – 3 kW.
- Potencia en calefacción: 3,9 – 13,3 kW.
- Potencia en ACS: 3 – 11,5 kW.
- Medidas: 57,6 x 101,2 x 57,2 cm (ancho x alto x fondo).
- Rendimiento: 91,5% – 94%.
- Autonomía máxima orientativa: 28 h.
- Consumo mínimo – máximo: 0,8 – 2,7 kg/h.
- Capacidad del depósito: 23 kg.

Esta termoestufa incluye vaso de expansión de 16 l en su interior.

El importe de la caldera es de 2.800 €.

Termoestufa Primula 12.

ROJO BURDEOS



BLANCO



Figura 30: Termoestufas Primula 12 de diferentes colores {32}.

La estufa Primula 12 del fabricante Fabrilor Ibérica {32} presenta las siguientes características:

- Potencia cedida al ambiente: 2 kW.
- Potencia en calefacción: 3 – 12 kW.
- Potencia en ACS máxima: 10 kW.
- Medidas: 45 x 94,5 x 50,7 cm (ancho x alto x fondo).
- Rendimiento: 90%.
- Consumo mínimo – máximo : 1,1 – 2,6 kg/h.
- Capacidad del depósito: 20 kg.

El importe de la caldera es de 2.129 €.

Finalmente, se analiza la estufa Termo-Petit del fabricante Anselmo Cola {33}.



Figura 31: Termoestufa Termo-Petit {33}

Esta estufa presenta las siguientes características:

- Potencia cedida al ambiente: 0,32 – 1,3 kW.
- Potencia en calefacción: 3,45 – 11,6 kW.
- Potencia en ACS: 3,13 – 10,29 kW.
- Medidas: 100 x 54,3 x 55,6 cm (ancho x alto x fondo).
- Rendimiento: 91,29 – 91,69 %.
- Consumo mínimo – máximo: 0,78 – 2,64 kg/h.
- Capacidad del depósito: 21,5 kg.

El importe de la caldera es de 2.670 €.

Finalmente atendiendo a ser la caldera más barata en primer lugar y en segundo lugar, cumplir con creces la demanda energética que se tiene en la vivienda unifamiliar, la caldera que se va a adquirir y que se incluirá en los presupuestos a partir de ahora es **Termoestufa de pellets INNOFIRE IDROCHIP con un importe final de 1.590€.**

4.1.2 Elección de los componentes auxiliares.

En cuanto a los componentes auxiliares que se necesitan para ambas instalaciones (mencionados anteriormente en el apartado 3.3) son:

Calefacción:

- Vaso expansión cerrado, lo incorpora la hidroestufa en su interior, no es necesario comprarlo aparte.
- Bomba circuladora (No es necesario comprarla, la incorpora la propia estufa).
- Válvula de seguridad (aparte de la que incluye la termoestufa).
- Purgador (Permite la evacuación de aire en tuberías de agua).
- Termostato (Regula la temperatura a la que entra el agua en los radiadores).
- Manómetro (Controla la presión a la que entra el agua en los radiadores).
- Filtro (Elimina impurezas en el agua que se introduce en los radiadores).
- Llaves de paso (Permite/No permite la entrada del flujo de agua).
- Válvula de control.

ACS:

- Válvula de seguridad (Permite salida del agua en caso de emergencia).
- Termostato (Regula temperatura del agua a la salida de la estufa).
- Filtro (Elimina impurezas del agua).
- Llaves de paso.
- Válvula de control.

Cabe recordar que el depósito de inercia acumulador de agua no es necesario comprarlo debido a que la vivienda ya posee dicha instalación con un termo de 150 litros.

Se estima un precio de 80€ en la instalación de ACS y de 100€ en la instalación de calefacción en la compra de los elementos auxiliares, este cálculo no se realiza detallado ya que se consideran “despreciables” las diferencias que se pueden encontrar con respecto al cálculo detallado del coste de estos elementos, y de un importe insignificante respecto al resto de materiales.

4.1.3 Elección de los tubos de evacuación de gases de escape.

En cuanto a los tubos para la evacuación de los gases de escape que se necesitan comprar, se realizan los siguientes cálculos:

Para la evacuación de los gases de escape se necesitan:

- 2 metros de tubo en el interior de la vivienda.
- 1 Te en el interior de la vivienda.
- 1 codo de 90º en el interior de la vivienda y otro en el exterior.

- 1,5 metros de tubería en el exterior de la vivienda.

El total de metros de tubo tanto para interior como para exterior es de 3,5 metros, 1 Te y 2 codos de 90º.

Como se mencionará más tarde en el capítulo conveniente (6), la tubería de expulsión de gases de escape debe ser de acero inoxidable y diámetro mínimo de 80 mm.

Para elegir las tuberías de acero inoxidable que se van a comprar, se consultan diferentes catálogos, cuyos resultados son:

Tubo DINAK de 80 mm de diámetro de Leroy Merlín {4}.



Figura 32: Tubo de 80 mm de diámetro para salida gases de escape {4}.

Tubo de acero inoxidable negro lacado, para estufas de pellets con temperatura máxima de gases de escape de 250 °C. El importe es 11,30€/m.

Tubo chimenea pellet de 80 mm de diámetro mi almacén online {7}.



Figura 33: Tubo de 80 mm de diámetro en plata {7}.

Tubo de acero inoxidable A316-L de color plata para combustible sólido.

El importe es 15,74€/m.

Tubo de 80 mm en Bricofire {5}.

El importe es 14,99€/m.

Te DINAK en Leroy Merlín {4}.



Figura 34: Te de 90º {4}.

Te de 90º de acero inoxidable de color negro lacado.

El importe es 31,30€/ud.

Te de 90º en BricoFire {5}.

Te de acero inoxidable para tubería de 80 mm de diámetro.

El importe es 35€/ud.

Codo de 90º en Bricofire {5}.



Figura 35: Codo de 90º {5}

El importe es 28,95€/ud.

Codo de 90º en Leroy Merlín {4}.

El importe es 16,45€/ud.

Tras este análisis se decide comprar tanto el tubo recto, como la Te y codos en Leroy Merlín {4} debido en primer lugar al precio de los materiales, y en segundo lugar debido a que todos los elementos tendrán la misma apariencia en color negro lacado.

4.1.4 Elección de las tuberías de canalización de agua para calefacción.

En cuanto a la instalación de tubo de alimentación/descarga de agua sobre los radiadores, la instalación será bi-tubular, es decir, se considera que el agua pasa con la misma temperatura por todos los radiadores ya que el circuito de entrada de agua caliente y salida del agua fría son independientes.

La velocidad del agua por el interior de las tuberías no debe sobrepasar los 2 m/s para que no se produzcan ruidos.

Para calcular el diámetro de las tuberías a utilizar se hará uso de la siguiente expresión [8]:

$$Q = \frac{P}{Pe * Ce * (Te - Ts)} \quad [8]$$

Donde:

- “Q” es el caudal que circulará por el circuito (l / s).
- “P” es la potencia a transmitir a lo largo del circuito (W).
- “Pe” es el peso específico del agua = $1.000 \frac{g}{l}$.
- “Ce” es el calor específico del agua = $4,18 \frac{J}{g * ^\circ C}$.
- “Te” es la temperatura entrada del agua al tramo.
- “Ts” es la temperatura salida del agua del tramo.

*El $\Delta T = (Te - Ts)$, se considera habitualmente de 20 °C en instalaciones bi-tubulares. Este ΔT hace referencia a la diferencia de temperatura que tiene el agua a la entrada del primer radiador frente a la de salida del último radiador del circuito antes de dirigirse a la hidroestufa.

Una vez se haya calculado el caudal “Q” mediante la expresión [8], se calculará la sección de la tubería utilizando la siguiente expresión [9]:

$$Q = S * v. \quad [9]$$

Donde:

- “Q” es el caudal que circula en el circuito ($\frac{m^3}{s}$).
- “S” es la sección de la tubería (m^2).
- “v” es la velocidad del agua en el circuito (se considera 1,2 m/s para que no haya excesiva pérdida de carga ni ruidos).

Posteriormente, conociendo la sección se calculará el diámetro, a través de la siguiente expresión [10]:

$$S = \pi * \frac{D^2}{4}. \quad [10]$$

Donde:

- “S” es la sección de la tubería (m^2)
- “D” es el diámetro de la tubería (m).

En la vivienda, se va a utilizar un único circuito de abastecimiento para las dos plantas, debido a que como se comprobará en los siguientes párrafos, el caudal es demasiado pequeño para dividirlo en dos circuitos.

Debido a que la potencia de la caldera que se va a utilizar es de 11.300 W, se utilizará este valor de potencia para hallar el caudal aunque la potencia calculada en las cargas térmicas sea menor. Se utiliza este valor máximo de potencia de la caldera por si surgiese la necesidad de trabajar a una mayor potencia de la hallada en el cálculo de cargas térmicas. Con dicho valor de potencia, se calculará el caudal y posteriormente la superficie y el diámetro de tubería.

El caudal total que circula por el circuito, calculado mediante la expresión [8] es:

$$Q_{circuito} = 0,135 \frac{l}{s} = 1,35 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}.$$

Una vez conocido el caudal, se halla la sección de tubería mediante la expresión [9] conociendo que la velocidad es de 1,2 m/s:

$$\text{Sección} = 1,126 * 10^{-4} m^2.$$

Utilizando la expresión [10] se obtiene un diámetro de tubería:

$$D = 0,01197 m = 11,97 mm,$$

Por tanto, a raíz de este resultado, se utilizará tubo de cobre de diámetro 12 mm que es la medida de tubo que existe por encima de 11,97 mm.

Se utilizará como material el cobre debido a que es el más robusto y utilizado en instalaciones de este tipo. Los metros de tubería necesarios para cada estancia se muestran a continuación:

Planta baja:

Estancia	Longitud tubería en la estancia (m)
Cocina	1,5
Salón	5
Pasillo y aseo	9,2

Tabla 21: Longitud de tubo en las estancias de la planta baja.

Primera planta:

Estancia	Longitud tubería en la estancia (m)
Habitación 1	1,1
Habitación 2	1,1
Baño 1	0,5
Pasillo	5,5
Habitación 3	3,4
Baño 2	0,3

Tabla 22: Longitud de tubo en las estancias de la primera planta.

Las tuberías de cobre que se han mirado para calcular el presupuesto son las siguientes:

Tubo de cobre de 12 mm de diámetro interior y 1 mm de espesor en AKI {6}.



Figura 36: Tubería de cobre de 12 mm para circuito calefacción {6}

El importe es de 7,75€/m.

Tubo de cobre de 12 mm de diámetro interior y 1 mm de espesor en Bricomart {34}.

El importe es de 2,84 €/m.

Tubo de cobre de 12 mm de diámetro interior y 1 mm de espesor en Leroy Merlín {4}.

El importe es de 3,05 €/m.

En cuanto a las tuberías de cobre, se eligen las de Bricomart {34} ya que son las más económicas.

Cabe destacar que las tuberías de reparto de ACS a lo largo de la vivienda no es necesario estudiarlas debido a que la misma dispone de instalación de ACS.

4.1.5 Elección de las tuberías de canalización de ACS hasta el termo.

Estas tuberías serán las que conduzcan el agua caliente desde la termoestufa hasta el termo desde el cual se distribuirá el ACS a toda la vivienda.

Para calcular el diámetro de esta tubería se utilizará el caudal utilizado en el apartado 3.5, en el que se calculó la potencia que se necesitaría para la obtención de ACS, este es un caudal de $100 \text{ kg/h} = 0,027 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$.

Una vez conocido el caudal, se utilizará la expresión [11], para hallar la superficie de tubo (conociendo la velocidad a la que debe circular el agua por la tubería igual a 1,2 m/s):

$$Q = S * v. \quad [11]$$

Donde:

- “Q” es el caudal que circula en el circuito ($\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$).
- “S” es la sección de la tubería (m^2).
- “v” es la velocidad del agua en el circuito (se considera 1,2 m/s para que no haya excesiva pérdida de carga ni ruidos).

Conocido el caudal, se obtiene una superficie “S” = $2,31 * 10^{-5} \text{ m}^2$.

Una vez hallada la superficie, se hace uso de la siguiente expresión [12], para obtener el diámetro de la tubería:

$$S = \pi * \frac{D^2}{4} \quad [12]$$

Donde:

- “S” es la sección de la tubería (m^2)
- “D” es el diámetro de la tubería (m).

Utilizando el valor de la sección, se obtiene un resultado de 5,42 mm, por tanto se utilizará una tubería de diámetro 6 mm.

Para el tubo de 6 mm de diámetro, el importe supone 3,15 € los 50 cm de tubo según el establecimiento de bricolaje AKI {6}.

4.1.6 Elección de los radiadores de agua para calefacción.

Para este apartado, se necesita saber cuál es la demanda energética en cada estancia de la vivienda y las características de los radiadores que se instalarán.

Cada radiador tiene aproximadamente las siguientes características en función del número de elementos:

Número de elementos	Área aproximada de la estancia a cubrir (m^2)	Potencia del radiador
4	5	480 W
5	6	600 W
6	7	720 W
7	8	840 W
8	9	960 W
9	10	1.080 W
10	11	1.200 W
12	13	1.440 W

Tabla 23: Especificaciones radiadores.

La distribución de los radiadores en la vivienda será la siguiente:

Planta baja:

El pasillo y el aseo se unen ya que se instalará un radiador que abastezca ambas estancias (el radiador se instalará en el pasillo).

Estancia	Número de radiadores	Número de elementos por radiador	Área aproximada de la estancia (m^2)	Potencia de cada radiador
Cocina	1	10	11	1.200 W
Salón	2	12	25	1.440 W
Pasillo y aseo	1	12	12	1.440 W

Tabla 24: Radiadores en planta baja.

Primera planta:

Estancia	Número de radiadores	Número de elementos por radiador	Área aproximada de la estancia (m^2)	Potencia de cada radiador
Habitación 1	1	12	13	1.440 W
Habitación 2	1	12	13	1.440 W
Baño 1	1	4	5	480 W
Pasillo	1	12	12	1.440 W
Habitación 3	2	8	17	960 W
Baño 2	1	4	5	480 W

Tabla 25: Radiadores en primera planta.

Los radiadores sobre los que se han mirado presupuestos son los siguientes:

Radiador Roca BAXI DUBAL de 4 elementos.



Figura 37: Radiador BAXI DUBAL de 4 elementos {4}

- Potencia: 480 W.
- Para estancias de hasta 5 m².

El importe es 42 €/ud.

Radiador ORION HP 700 COINTRA de 4 elementos.

- Potencia: 504 W.
- Para estancias de hasta 5 m².

El importe es 35,60 €/ud.

Radiador Roca BAXI DUBAL de 8 elementos.



Figura 38: Radiador BAXI DUBAL de 8 elementos {4}.

- Potencia: 960 W.
- Para estancias de hasta 9 m².

El importe es 84 €/ud.

Radiador ORION HP 700 COINTRA de 8 elementos.

- Potencia: 1.008 W.

- Para estancias de hasta 9 m^2 .

El importe es 71,20€/ud.

Radiador Roca BAXI DUBAL de 10 elementos.



Figura 39: Radiador BAXI DUBAL de 10 elementos {4}.

- Potencia: 1.200 W.
- Para estancias de hasta 11 m^2 .

El importe es 105 €/ud.

Radiador ORION HP 700 COINTRA de 10 elementos.

- Potencia: 1.260 W.
- Para estancias de hasta 11 m^2 .

El importe es 89 €/ud.

Radiador Roca BAXI DUBAL de 12 elementos.



Figura 40: Radiador BAXI DUBAL de 12 elementos {4}.

- Potencia: 1.440 W.
- Para estancias de hasta 13 m^2 .

El importe es 126 €/ud.

Los radiadores elegidos son los del modelo ORION HP 700 COINTRA para las estancias que necesitan radiadores de 4, 8 y 10 elementos y el modelo Roca BAXI DUBAL para las estancias que necesitan radiadores de 12 elementos. La diferencia entre los dos modelos es que el primer modelo mencionado es más económico que el segundo y aporta una ligera mayor potencia. Para los radiadores de 12 elementos, no se utiliza el modelo más económico debido a que no existen dichos radiadores con 12 elementos en esa gama.

4.1.7 Elección de los pellets para la termoestufa.

En cuanto a los pellets, la compra se realizará en grandes cantidades para que la producción esté garantizada para la mayor parte del invierno o incluso el invierno entero.

Para la compra de los pellets se han mirado los siguientes proveedores.

Vendedor	Cantidad (Kg)	Precio (€)	Precio/kg (€)
Pellets del sur (Calidad A1)	1.000	200	0,2
Leroy Merlín (Calidad A1)	1.000	275	0,275

Tabla 26: Diferentes presupuestos para pellets.

Únicamente se tienen en cuenta pellets de calidad A1 para garantizar la máxima eficiencia y eficacia en la hidroestufa.

La diferencia de precios entre pellets del sur {27} y Leroy Merlín {4} cuando la calidad del pellet es la misma, hace que se elija el presupuesto de Pellets del sur para la compra de los pellets.

4.2 Presupuesto para la instalación de calefacción.

En este apartado, utilizando los importes del apartado anterior (4), se van a realizar los cálculos para elaborar el presupuesto que supondría llevar a cabo la instalación de la termoestufa de pellets para la obtención de calefacción en la vivienda unifamiliar que se está estudiando.

4.2.1 Presupuesto de la termoestufa de pellets.

Tal y como se menciona en el apartado anterior, la estufa escogida es la Termoestufa de pellets INNOFIRE IDROCHIP con un importe final de 1.590€.

Esta termoestufa dispone de bomba para hacer circular el agua por los radiadores de la vivienda y del calderín necesario para absorber los incrementos de volumen del agua.

4.2.2 Presupuesto de los componentes auxiliares.

Tal y como se mencionó en el apartado 4.1.2, el importe de los componentes auxiliares se estima en 100€.

4.2.3 Presupuesto de los tubos de evacuación de gases de escape.

Según los tubos seleccionados en el apartado anterior (4.1.3) y las cantidades necesarias para llevar a cabo la instalación, se realizan los siguientes cálculos.

Elemento	Precio	Unidades/metros	Importe final
Tubo 80 mm	11,30€/m	3,5 metros	39,55 €
Codo 90º	16,45€/ud	2 unidades	32,9 €
Te 90º	31,30€/ud	1 unidad	31,3 €

Tabla 27: Elementos necesarios para evacuación gases de escape.

El importe total de los elementos necesarios para la evacuación de los gases de escape asciende a 103,75€.

4.2.4 Presupuesto de las tuberías de canalización de agua.

Para los presupuestos de tubería, se calculan los metros de tubería necesarios en cada estancia, y se calcula cual es el importe que suponen todos los metros necesarios de tubo de cobre en la vivienda, según el proveedor elegido en el apartado 4.1.4.

Planta baja:

Estancia	Longitud tubería en la estancia (m)
Cocina	1,5
Salón	5
Pasillo y aseo	9,2

Tabla 28: Longitud de tubería de cobre en la planta baja.

Primera planta:

Estancia	Longitud tubería en la estancia (m)
Habitación 1	1,1
Habitación 2	1,1
Baño 1	0,5
Pasillo	5,5
Habitación 3	3,4
Baño 2	0,3

Tabla 29: Longitud de tubería de cobre en la primera planta.

Los metros totales de tubería de cobre necesarios en la vivienda son 27,6 metros, pero como la instalación es bi-tubular, se necesitan 55,2 metros. Debido a que se venden en tubos de longitud de 1 metro, se comprarán 56 metros de tubo. De esta manera, el importe total que supondrán las tuberías de cobre a un precio de 2,84 €/m es de 159,04 €.

4.2.5 Presupuestos de los radiadores de agua.

En este apartado se utilizarán las tablas 21, 22 y 23 para introducir el importe de cada radiador utilizado por estancia y calcular la suma de todos los importes.

Planta baja:

Estancia	Número de radiadores	Precio por radiador (€)	Precio total (€)
Cocina	1	89	89
Salón	2	89	178
Pasillo y baño	1	126	126

Tabla 30: Radiadores por estancia y precio de los mismos en la planta baja.

Primera planta:

Estancia	Número de radiadores	Precio por radiador (€)	Precio total (€)
Habitación 1	1	126	126
Habitación 2	1	126	126
Baño 1	1	35,6	35,6
Pasillo	1	126	126
Habitación 3	2	71,20	142,4
Baño 2	1	35,60	35,6

Tabla 31: Radiadores por estancia y precio de los mismos en la primera planta.

De esta manera, el importe total de los radiadores asciende a 984,6 €.

4.2.6 Presupuesto de la instalación del circuito de calefacción.

Tras contactar con varios fontaneros de la zona, para realizar la instalación del circuito de tuberías se obtiene un presupuesto aproximado de entre 2.500€ y 3.500€, para este caso, se toma como presupuesto para realizar el circuito de calefacción 3.000€, para sufragar posibles gastos extra que puedan surgir y no se encuentren reflejados en la realización de este trabajo.

4.2.7 Presupuesto de la instalación y puesta en marcha de la termoestufa.

La instalación y puesta en marcha de la estufa que se encuentra instalada actualmente en la vivienda, tuvo un coste de 150€ debido al personal cualificado que debe realizar la instalación y primer encendido de la misma. Por tanto, se estima que esta misma cifra será la de la puesta en marcha de la termoestufa.

4.2.8 Presupuesto final para la instalación de calefacción.

En la siguiente tabla se recoge el presupuesto final de todos los componentes necesarios para la instalación de la termoestufa para calefacción.

Elemento	Importe del elemento (€)
Termoestufa	1.590
Componentes auxiliares	100
Tuberías para gases de escape	103,75
Tuberías canalización agua	159,04
Radiadores	984,6
Instalación circuito radiadores	3.000
Instalación y PM estufa	150

Tabla 32: Presupuesto final para instalación calefacción.

El presupuesto final para la calefacción asciende a un total de 6.087,39€.

4.3 Presupuesto para la instalación de ACS.

Debido a que para la instalación de Agua Caliente Sanitaria, se utiliza la termoestufa que se emplea en la calefacción, el presupuesto resultante para dicha instalación será muy reducido.

4.3.1 Presupuesto de tuberías de canalización de ACS hasta el termo.

En cuanto a las tuberías de cobre para ACS, se necesitan 7 metros de tubería de diámetro 6 mm hasta llegar al termo.

De esta manera, teniendo en cuenta que se compran dichas tuberías a un precio de 3,15 € el medio metro, el tramo de tubo de cobre para conducir el agua hasta el termo de ACS tendrá un coste de 44,1 €.

4.3.2 Presupuesto de los componentes auxiliares.

Tal y como se mencionó en el apartado 4.1.2, se estima que en elementos auxiliares se gastarán alrededor de 80€.

4.3.3 Presupuesto de instalación del circuito de ACS.

Para la instalación de fontanería necesaria para que la termoestufa funcione sincronizada con el termo acumulador de agua existente en la vivienda, se estima que se gastarán aproximadamente 300€.

4.3.4 Presupuesto final para la instalación de ACS.

Una vez calculados los presupuestos de los distintos elementos que componen la instalación de termoestufa para la obtención de ACS, el presupuesto final es el siguiente.

Elemento	Importe del elemento (€)
Tubería canalización de agua	44,1
Componentes auxiliares	80
Instalación circuito ACS.	300

Tabla 33: Presupuesto final para instalación ACS.

El total del presupuesto para ACS es de 424,1€.

4.4 Análisis económico obtención calefacción mediante acumuladores frente a hidroestufa.

En este apartado se va a analizar las diferencias en el gasto en calefacción con la calefacción por acumuladores eléctricos frente a la calefacción mediante termoestufa.

4.4.1 Gasto en calefacción mediante acumuladores.

Para calcular el gasto que supone calentar la vivienda mediante los acumuladores eléctricos, se utilizan directamente las facturas de años anteriores y se obtienen los siguientes datos.

Mes	Gasto aproximado en calefacción (€)
Octubre	80
Noviembre	130
Diciembre	180
Enero	330
Febrero	300
Marzo	180

Tabla 34: Gasto mensual en calefacción con radiadores eléctricos.

La suma del consumo a lo largo de los 6 meses que se utiliza la calefacción mediante acumuladores es de aproximadamente 1.200€ durante los 6 meses.

4.4.2 Gasto en calefacción mediante la termoestufa.

En este apartado se realizará el cálculo de gasto de los pellets que serán necesarios para utilizar la caldera durante un invierno. A esta cantidad, se le sumará el consumo eléctrico (es muy pequeño) que tiene la termoestufa debido a que va conectada a la red eléctrica.

Se estima que la calefacción estará funcionando aproximadamente 12 horas al día debido a que por la noche no está encendida al igual que la estufa de aire que posee actualmente la vivienda. El consumo máximo de pellets de la caldera es 2,6 kg/h utilizando los 11,3 kW de los que dispone, dadas las necesidades de la vivienda, se estima que se consumirá a un ritmo del 40% del consumo máximo durante los meses de Octubre, Noviembre y Marzo, y a un ritmo del 70% durante los meses de Diciembre, Enero y Febrero. Con estos cálculos, se llegan a las siguientes conclusiones:

Mes	Consumo de pellet por hora (kg/h)	Horas mensuales de termoestufa activa para calefacción	Consumo mensual (kg)
Octubre	1,1*	372	409,2
Noviembre	1,1*	360	396
Diciembre	1,9*	372	706,8
Enero	1,9*	372	706,8
Febrero	1,9*	336	638,4
Marzo	1,1 *	372	409,2

Tabla 35: Consumo de pellets mensual.

*El consumo del 40% se redondea a 1,1 kg/h y el del 70% a 1,9 kg/h.

El consumo total a lo largo de los 6 meses asciende a 3.266,4 kg, que se redondea a 3270 kg. Si finalmente se adquieren los pellets de 200€ la tonelada, supondría un coste anual en pellets de 654€, lo que se traduce en 109€ al mes de media.

Al precio del pellet, hay que añadirle el coste que supone tener enchufada la termoestufa 12 horas al día. Sumando las horas mensuales de termoestufa de la tabla 35 se obtienen 1860 horas. Debido a que la caldera tiene una potencia de 11,3 kW, esto supone un consumo de aproximadamente unos 120W de electricidad.

Para calcular el importe que supone tener la estufa conectada a la luz las 1.860 horas se utiliza la siguiente expresión [13].

$$\text{Coste anual} = \text{Consumo (kW)} * \text{horas al año} * \text{precio del kWh eléctrico.} \quad [13]$$

El precio medio del kWh en España se sitúa en torno a 0,12€/kWh, por tanto, el consumo eléctrico de la caldera de pellets utilizándose para calefacción supone un coste anual de 26,784€ al año, que se redondea a 27€ anuales.

El importe anual de calefacción con la termoestufa se obtiene sumando el coste de los pellets más el de la electricidad de la hidroestufa.

$$\text{Gasto en calefacción mediante termoestufa} = 654€ + 27€ = 681€.$$

4.4.3 Comparativa gasto en calefacción mediante acumuladores frente a hidroestufa.

Comparando los dos apartados anteriores (4.4.1 y 4.4.2) se llega a la conclusión de que el ahorro que se obtiene utilizando la caldera de pellets para la calefacción, frente a la utilización de acumuladores eléctricos es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Diferencia de gasto en calefacción} &= 1.200€ - 681 \\ &= 519 € \text{ de ahorro al año.} \end{aligned}$$

Calculando la diferencia de ambos costes, se obtiene un ahorro de 519€ anuales que supondrían un ahorro de media de 86,5€ al mes, de ahí la importancia no solo medioambiental si no también económica de instalar este tipo de calderas de biomasa.

4.5 Análisis económico obtención de ACS con termo frente a hidroestufa.

En este apartado se pretende analizar las diferencias en coste que supone obtener el ACS mediante el termo acumulador eléctrico instalado en la vivienda frente a obtener dicho agua mediante la hidroestufa.

4.5.1 Gasto de ACS mediante termo eléctrico.

El gasto aproximado que supone obtener ACS con el termo eléctrico es el siguiente:

Mes	Gasto en ACS con termo eléctrico (€)
Octubre	30
Noviembre	50
Diciembre	80
Enero	80
Febrero	50
Marzo	30

Tabla 36: Gasto en ACS con termo eléctrico.

Cabe destacar que el gasto es mayor según se llega a los meses más fríos debido a que se aumenta el uso de agua caliente en las duchas de la vivienda.

De esta manera, se obtiene un gasto total en producir el ACS de 320€ durante los 6 meses más fríos del año.

4.5.2 Gasto de ACS mediante la termoestufa.

Para el cálculo del gasto de producción de ACS mediante la termoestufa, en primer lugar se tendrá en cuenta el consumo de pellets utilizando la hidroestufa para llenar el depósito de agua de 150 litros del que dispone la vivienda.

En cuanto al uso de la instalación como ACS, se estima que para calentar el termo en una hora y media tal y como se explicó en los cálculos de las cargas térmicas de ACS, la termoestufa consumirá el 50% del consumo máximo de la estufa, esto es 1,3 kg/h. Si para obtener ACS se aprovecha la caldera en los mismos seis meses que está encendida para la calefacción, a continuación se muestra una tabla con el consumo de pellets y las horas activas de la termoestufa al mes.

Mes	Consumo de pellets por hora (kg/h)	Horas al mes de hidroestufa activa para ACS	Consumo mensual de pellets (kg)
Octubre	1,3	46,5	60,45
Noviembre	1,3	45	58,5
Diciembre	1,3	46,5	60,45
Enero	1,3	46,5	60,45
Febrero	1,3	42	54,6
Marzo	1,3	46,5	60,45

Tabla 37: Consumo de pellets mensual para ACS.

Teniendo en cuenta los cálculos que aparecen en la tabla 37, se necesitarán 354,9 kg de pellets que se redondean a 355 kg.

Si finalmente el pellet se compra a Pellets del sur {27}, cuyo precio era de 200€ la tonelada, resultaría un gasto en pellet de 71€ durante los 6 meses y un gasto aproximado de 12€ mensuales.

Al coste de los pellets, hay que añadirle el coste eléctrico de tener enchufada la termoestufa hora y media diariamente, para ello se realizan los siguientes cálculos:

Las horas que estaría activa la caldera serían 273 durante los 6 meses, dado que la caldera es de 11,3 kW, se estimó en el apartado 4.5.2 un consumo aproximado de 120W.

Para calcular el coste eléctrico se utiliza la expresión [14], considerando de nuevo un precio medio de 0,12 €/kWh.

$$\text{Coste anual} = \text{Consumo (kW)} * \text{horas al año} * \text{precio del kWh eléctrico.} \quad [14]$$

Utilizando esta ecuación [14] se obtiene un coste anual de 3,93€ que se redondea a 4€.

De esta manera, calculando el gasto en producir ACS durante estos 6 meses con la termoestufa, se obtiene un valor de 75€.

$$\text{Gasto en la producción de ACS mediante termoestufa} = 71€ + 4€ = 75€.$$

4.5.3 Comparativa gasto de ACS mediante termo eléctrico frente a hidroestufa.

Como se ha calculado en los dos apartados anteriores (4.5.1 y 4.5.2), el gasto de la producción de ACS durante los 6 meses más fríos del año mediante el termo eléctrico supone 320€.

Mientras que el gasto en producción de ACS durante este mismo periodo, pero utilizando la hidroestufa supone únicamente 75€.

A partir de aquí, si se realiza la resta entre ambas cantidades podemos obtener el ahorro económico que supone calentar el agua mediante la termoestufa frente a calentarla con el termo, y esta diferencia es:

$$\text{Diferencia de gasto en ACS} = 320\text{€} - 75\text{€} = 245 \text{ € de ahorro al año.}$$

Estos 245€ de ahorro al año, suponen 40,9 € de ahorro medio al mes. Este ahorro es menor que el que supone utilizar la calefacción con la hidroestufa frente a utilizar los acumuladores eléctricos, pero es considerable.

4.6 Análisis económico obtención calefacción + ACS convencional frente a hidroestufa.

En este apartado, se unen las dos combinaciones anteriormente utilizadas y se calculará el gasto que supone calentar la vivienda con los radiadores acumuladores de calor y obtener ACS mediante el termo eléctrico, frente a calentar la vivienda con la termoestufa y obtener ACS por el mismo medio.

De esta manera, los gastos mensuales de electricidad utilizando los radiadores acumuladores y el termo son los siguientes:

Mes	Gasto en calefacción + ACS con electricidad (€)
Octubre	110
Noviembre	180
Diciembre	260
Enero	410
Febrero	350
Marzo	210

Tabla 38: Gasto en electricidad de calefacción + ACS.

Esto supone un gasto anual de 1.520€ en producir calefacción y agua caliente.

Mientras que con la termoestufa los gastos son los siguientes:

Uso	Gasto anual de pellets + electricidad de estufa (€)
Calefacción	681
Agua Caliente Sanitaria	75

Tabla 39: Gasto anual en calefacción + ACS con termoestufa.

Lo que supone un gasto anual de 756€ en producir calefacción y agua caliente mediante la termoestufa.

Si se realiza la diferencia entre el coste de calefacción + ACS por medios eléctricos y el coste de calefacción + ACS con la termoestufa se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Diferencia de gasto calefacción + ACS} &= 1.520\text{€} - 756\text{€} \\ &= 764\text{€ de ahorro al año.} \end{aligned}$$

Este ahorro anual supone una cantidad más que favorable hacia llevar a cabo la instalación de la hidroestufa en la vivienda que se está analizando, pero en los próximos apartados se analizarán otros parámetros que ayudarán a tomar finalmente esta decisión.

4.7 Análisis global de la instalación.

En este apartado se va a realizar el VAN (Valor Actual Neto), utilizando el dato del apartado anterior (4.6), es decir, suponiendo que se realiza la instalación de la hidroestufa para utilizarla para la obtención tanto de calefacción como de ACS.

El VAN permite conocer cuál es el valor en la actualidad de unos flujos de caja que se obtendrán en el futuro a raíz de una inversión. El VAN se calcula a través de la siguiente expresión [15]:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+k)^i} \quad [15]$$

Donde:

- " I_0 " es la inversión inicial en el proyecto.
- " FC " son los flujos de caja anuales (en este caso el ahorro anual).
- " k " es la tasa de descuento.
- " i " es el número de años en los que se determina el VAN.

En este cálculo se desprecia el valor residual de la instalación y se utiliza una tasa de descuento del 10% que es equivalente al tipo de interés que se puede obtener en un depósito bancario. Además se supone una vida útil de la instalación de 20 años.

La inversión inicial en este caso es la siguiente:

$$\text{Inversión instalación hidroestufa para calefacción + ACS} = 6.087,39\text{€} + 424,1\text{€} = 6.511,49\text{€}.$$

Si se redondea esta cantidad serían unos **6.512 €** para utilizar en este apartado como Inversión inicial.

El ahorro anual (teniendo en cuenta que la instalación solo se utiliza 6 meses al año) calculado en el apartado 4.6 es de **764 €** al año.

De esta manera se obtiene un VAN a 20 años con valor de -7.7 €, por tanto según esta técnica, aún después de 20 años no ha comenzado a ser rentable la inversión de la hidroestufa. El VAN de la instalación sería rentable justamente a partir del año 21º con un valor positivo de 95,53 €.

Otro procedimiento utilizado para calcular cuando es rentable una inversión es el Pay-Back. Este método no tiene en cuenta el momento en el que se generan los flujos de caja ni la diferencia del valor del dinero a lo largo del tiempo.

El Pay-Back se calcula a través de la siguiente expresión [16]:

$$Pay - Back = -I_0 + \sum_{i=1}^n FC_i \quad [16]$$

Donde:

- " I_0 " es la inversión inicial en el proyecto.
- " FC " son los flujos de caja anuales (en este caso el ahorro anual).

Se vuelve a tomar un valor de 6.512 € de inversión inicial y de 764 € de ahorro anual.

Los resultados obtenidos con el Pay-Back reflejan que a partir del año ocho y medio se recupera la inversión, y en el año noveno se obtendría un Pay-Back de 364€ positivos.

Como se puede observar, entre ambas técnicas existe gran diferencia debido a que en una no empieza a ser rentable la inversión hasta el año 21º después de realizarla, mientras que en la otra resulta rentable a partir del año 9º.

5. ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL.

5.1 Comparativa de emisiones.

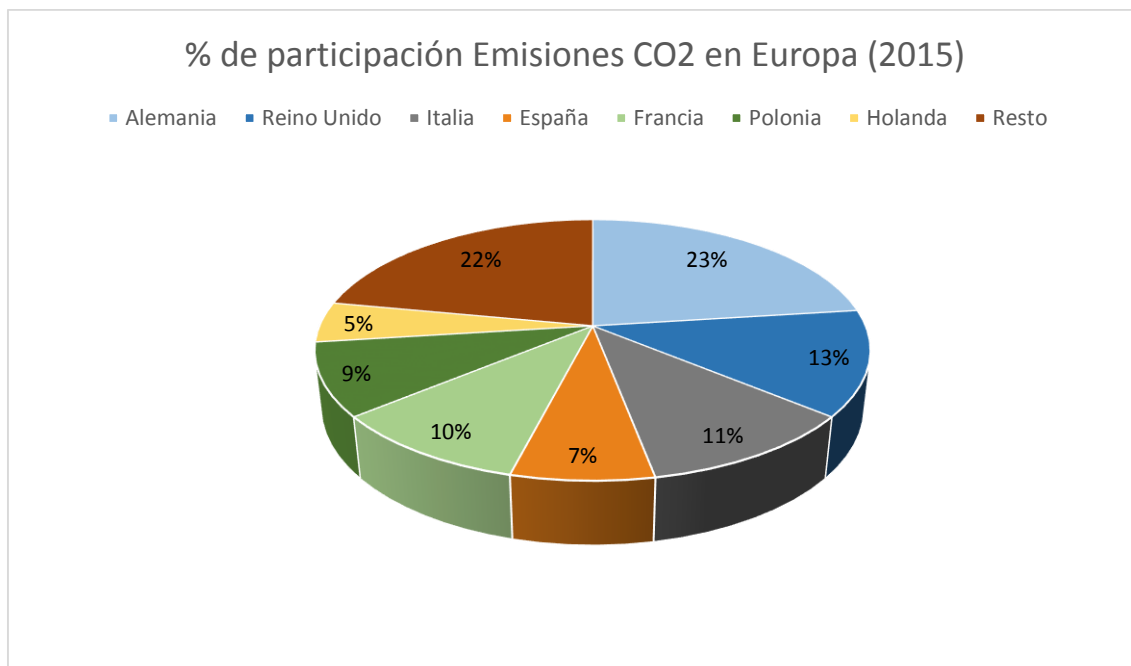
Tal y como se mencionó en el apartado de la situación de la energía en España, uno de los grandes problemas del medioambiente es debido a los efectos que provocan los gases de efecto invernadero. Estos gases provocan el aumento de temperatura de la atmósfera debido a que no permiten que el calor de la tierra salga, quedando dicho calor atrapado en la atmósfera.

Para reducir los daños medioambientales provocados por estas sustancias, surge en 1997 un acuerdo entre numerosos países denominado como Protocolo de Kioto. Este protocolo se firma en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Entre esos países se encuentra España que se compromete a cumplir los siguientes objetivos en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

- Entre los años 2.008-2.012, España debía limitar el incremento de emisiones de efecto invernadero, de manera que la media de emisiones netas no superase en un 15% el nivel de emisiones del año base que fue 1.990.
- Entre los años 2.013-2.020, la Unión Europea se compromete a reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero en un 20% con respecto al año base.
- Entre el 2.021 y el 2.030 los objetivos se recogen en las conclusiones del consejo europeo de Octubre del 2.014. El objetivo de reducción de emisiones de estos gases es de al menos un 40% respecto al año 1.990.
- A partir del año 2.030 y hasta el 2.050, no se establecen acuerdos vinculantes pero se indica que la Unión Europea debe reducir las emisiones un 80% por debajo de las del año 1.990.

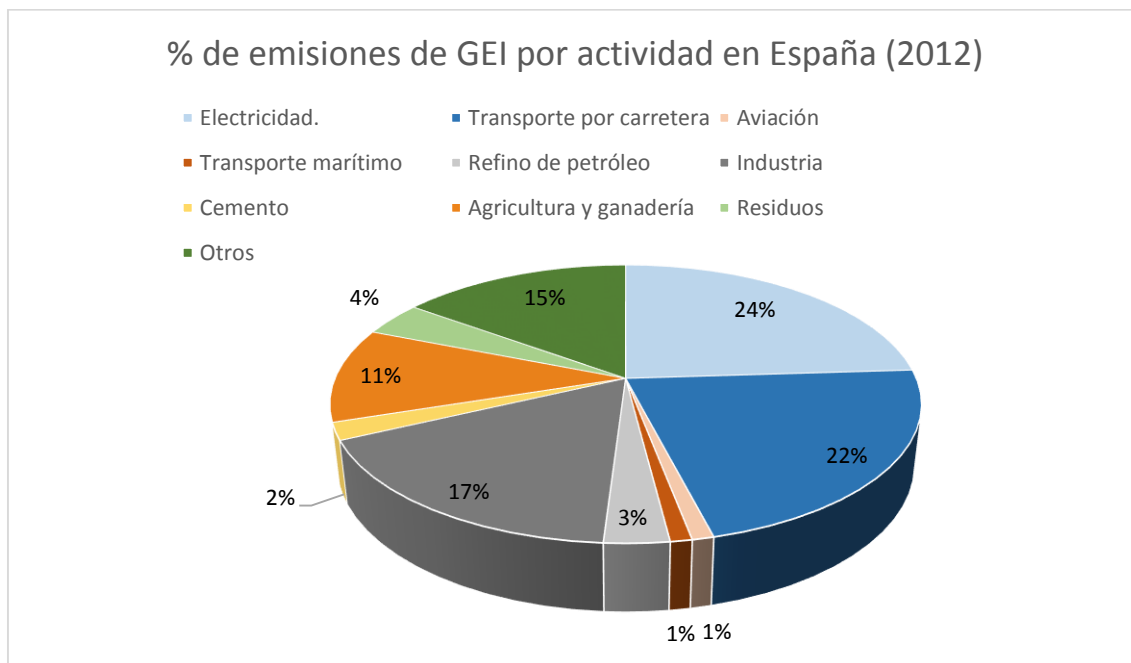
A pesar de los estrictos objetivos, España no se encuentra entre los países con mayores emisiones de CO_2 por quema de combustibles fósiles en Europa, esta información se puede verificar en la siguiente gráfica que facilita Eurostat {22} y que recoge a los países con mayores emisiones dentro de la UE en el año 2015.



Gráfica 4: Porcentaje de emisiones de GEI en la UE {22}.

Entre los países más contaminantes de CO_2 en Europa se encuentra Alemania, Reino Unido e Italia.

Para finalizar este apartado de emisiones contaminantes, debido a que uno de los objetivos de este trabajo es fomentar las energías renovables y por tanto reducir las emisiones de gases contaminantes, a continuación se muestra una gráfica con las actividades que más emisiones de Gases de Efecto Invernadero provocan en España.



Gráfica 5: Porcentaje de emisiones de GEI por actividad (2012) {23}.

Como se puede observar, la Electricidad, que es la fuente de energía que originalmente utilizaba la vivienda unifamiliar que se está estudiando para abastecer las necesidades energéticas, es la principal responsable de las emisiones de GEI en España con un 24%.

Muy de cerca se encuentra el Transporte por carretera, que está viviendo una revolución actualmente en cuanto a los vehículos híbridos y eléctricos, y la tercera actividad más contaminante es la Industria, en la que también se está avanzando aunque en menor medida hacia la disminución de gases contaminantes.

Cabe destacar que si finalmente se opta por utilizar la caldera de biomasa mediante los radiadores, e incluso ya actualmente mediante la caldera de pellet de aire instalada en la vivienda, se reduce una gran parte de las emisiones de CO_2 ya que aunque las emisiones de estas calderas de biomasa no son nulas, así se considera debido a que la cantidad emitida de este gas contaminante es directamente proporcional a la que absorben y liberan las plantas y árboles. En los siguientes apartados (5.3), se analizará cual es el ahorro aproximado de emisiones de CO_2 anual.

5.2 Ventajas e inconvenientes de las calderas de biomasa.

La principal ventaja que presenta cualquier sistema que utilice la biomasa como fuente de energía es clara, el ahorro en emisiones contaminantes. Pero esta es solo una de las diferentes ventajas que presentan las calderas de biomasa, entre ellas destacan:

- Fuente de energía inagotable debido a que utiliza los residuos de la naturaleza.
- Debido a que apenas contamina, no contribuye a la destrucción de la capa de Ozono.
- Coste muy inferior al de cualquier otra fuente de energía convencional.
- Normalmente cada caldera acepta una gran variedad de combustibles aptos para su utilización.
- Disminuye la dependencia de los combustibles fósiles.
- Los residuos generados de la combustión (cenizas) se pueden utilizar como abono.
- Contribuye a la limpieza de terrenos y como consecuencia de esto ayuda a evitar incendios.

Pero también tiene algunos puntos negativos entre los que destacan:

- Los rendimientos de las calderas de biomasa son inferiores a los de una caldera que utiliza combustibles líquidos o gaseosos.
- La biomasa posee una baja densidad energética, lo que se traduce en que los sistemas de almacenamiento deben ser más grandes.
- Los sistemas de eliminación de los residuos generados todavía no están avanzados y esto supone un mayor mantenimiento y costes de operación.
- Algunos de los combustibles utilizados tienen un alto grado de humedad que hace necesario un proceso de secado anterior a su utilización, lo que encarece el precio del combustible.
- En el primer momento requieren una alta inversión económica.

Tal y como se ha descrito, existen numerosas ventajas y desventajas, y antes de tomar una decisión en cuanto a la posible instalación de una caldera de estas características en una vivienda, se deben considerar un gran número de detalles antes de llevar a cabo la decisión final.

5.3 Potencial de Efecto Invernadero.

En este apartado se va a proceder a calcular el potencial de Efecto Invernadero (PEI) de las instalaciones. El PEI mide la cantidad de CO_2 que emitiría una instalación determinada mediante la energía consumida por la instalación y el factor de emisión de cada combustible, y se calcula con la expresión que se muestra a continuación [17]:

$$PEI = E_{consumida} * F_{emisión} * N \quad [17]$$

Donde:

- " $E_{consumida}$ " es la energía consumida por la instalación en un año en $\frac{kWh}{año}$.
- " $F_{emisión}$ " es el factor de emisión del combustible utilizado en la instalación en $\frac{kg \text{ eq } CO_2}{kWh}$.
- " N " es el número de años de vida útil de la instalación.

5.3.1 Potencial de Efecto invernadero de la instalación de calefacción.

Para calcular el PEI de la calefacción se utilizará la instalación original de la vivienda mediante los radiadores acumuladores de calor. Para ello, se debe calcular la energía consumida por la calefacción en un año, y se utilizan los siguientes datos.

El consumo energético de un radiador de 2 ladrillos refractarios es de 1.600 W mientras que el de un radiador de 3 ladrillos refractarios es de 1.800 W. La vivienda consta de 5 radiadores de 1.600 W y de 3 radiadores de 1.800 W de manera que:

Potencia del radiador (W)	Nº de radiadores	Potencia total (W)
1.600	5	8.000
1.800	3	5.400

Tabla 40: Potencias totales de los radiadores.

La potencia total de calefacción en la vivienda es de 13.400 W y se suponen un total de 10 horas de uso al día por cada radiador debido a que constan de ciclo de carga y posterior descarga. Al año supone un total de 3.650 h por radiador de manera que los 13.400 W suponen un total de 48.910 kWh al año.

Además, para el cálculo del PEI se utiliza el factor de emisión de la red eléctrica peninsular [18] y se supone un total de 20 años de vida útil de la hidroestufa a instalar en la vivienda.

$$E_{red} = 0,24 \frac{kg \text{ de } CO_2 \text{ eq}}{kWh} \quad [18]$$

Utilizando los datos mencionados anteriormente, se calcula el PEI:

$$PEI = 48.910 * 0,24 * 20 = 234.768 \text{ Kg de } CO_2 \text{ equivalente en 20 años.}$$

Analizando este resultado, se puede concluir que la instalación de la hidroestufa en la vivienda ahorraría al año aproximadamente unos 12.000 kg de CO_2 equivalente si se divide la cantidad obtenida en el PEI en los 20 años de vida estimada de la hidroestufa.

5.3.2 Potencial de Efecto invernadero de la instalación de ACS.

Para el cálculo del PEI de la instalación de ACS se utiliza el termo eléctrico existente en la vivienda.

El termo instalado es de 150 litros de capacidad y tiene un consumo de 1.600 W. Se estima un uso diario de 6 h, por lo que serían 2.190 horas al año. El consumo anual sería de 3.504 kWh al año, por lo que el cálculo del PEI queda de la siguiente manera:

$$PEI = 3.504 * 0,24 * 20 = 16.819,2 \text{ Kg de } CO_2 \text{ equivalente en 20 años.}$$

El valor anual aproximado sería de 841 Kg de CO_2 anuales. Con este resultado y el del apartado anterior, se puede concluir que el PEI de la instalación de ACS es considerable, pero mucho menor que el de la instalación de calefacción que supone casi 15 veces más. Desde otro punto de vista, la cantidad de CO_2 que se genera al año mediante la calefacción es prácticamente la misma que la cantidad generada en la instalación de ACS durante los 20 años.

6. ANÁLISIS LEGAL.

6.1 Normativa vigente en la instalación de calderas de pellets.

Las estufas de pellets, realizan la expulsión de los gases de escape a través de un ventilador que conduce los mismos hacia el exterior mediante tubos de diámetros y materiales normalizados. Debido a la existencia del ventilador, en estas estufas no es necesario realizar un tiro de chimenea como en las chimeneas de leña.

6.1.1 Normativa básica en la instalación de la estufa.

La normativa básica a la hora de realizar la instalación de una estufa de pellets, sea del tipo que sea, es la siguiente según el RITE {25}:

- En cuanto al tramo horizontal de tubo, la distancia del mismo no podrá superar los 2 metros, mientras que en los tramos vertical y diagonal se podrán colocar los metros de tubo necesarios siempre y cuando se cumplan los requisitos de diámetro de tubo.
- La tubería de gases de escape que se encuentra tanto en el interior como exterior de la vivienda, debe ser de acero inoxidable con junta estanca y diámetro mínimo de 80 mm.
- Cuando se realice la instalación de una Te de 90º, será necesario realizar la instalación anexa de un tapón de inspección en la parte inferior, para facilitar la limpieza del tubo y observar posibles anomalías.
- En el final de la tubería de la parte exterior se debe colocar un capuchón/sombrerete que permita la correcta evacuación de los gases de escape.
- Si la salida de humos se realiza a un terreno o patio perteneciente al propietario de la estufa en una vivienda unifamiliar, no es necesario elevar la tubería de escape hasta el tejado de la vivienda. En caso de que la estufa se encuentre en un bloque de pisos, se deberá subir la tubería hasta el tejado del edificio cumpliendo para ello la normativa que corresponda.

A continuación se muestra una imagen de Leroy Merlín {4}, donde se esquematiza una posible instalación de conductos de gases de escape para estufas de pellets.

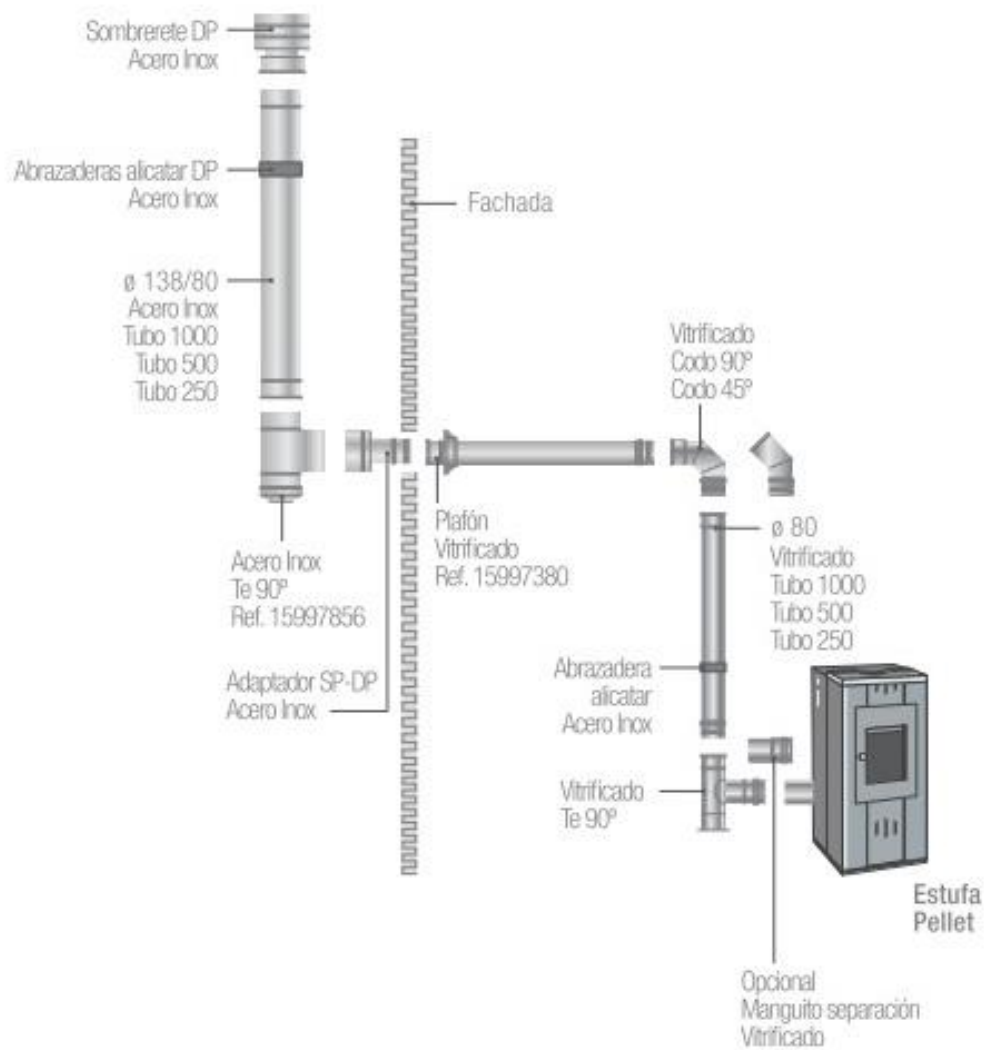


Figura 41: Ejemplo de instalación de salida de gases para calderas de pellets {4}.



Figura 42: Capuchón para final de tubería de gases de escape {4}.

6.1.2 Evacuación de los productos de la combustión y diseño de los conductos.

Según el RITE {25}, la evacuación de los productos de la combustión, se debe realizar cumpliendo las siguientes medidas en edificios de viviendas:

- Los edificios de viviendas de nueva construcción, en los que no esté previsto una instalación térmica central ni individual, deberán disponer de una preinstalación para la evacuación individual de los productos de la combustión a través de un conducto conforme a la normativa europea, que realice la evacuación de los gases mediante tubos que finalizarán en la cubierta.
- En edificios de nueva construcción en los que se encuentre prevista una instalación térmica centralizada, la evacuación de los gases de escape será necesario realizarla a través de un conducto que terminará en la cubierta del edificio.
- En las instalaciones térmicas que se reformen y que ya posean un conducto de evacuación de humos a cubierta, se podrá utilizar dicho conducto siempre y cuando sea adecuado a la nueva instalación y se encuentre en conformidad con la legislación vigente.
- En instalaciones térmicas existentes que se reformen y que no dispongan de conducto de evacuación de humos a cubierta o el mismo no sea adecuado a la nueva instalación, la evacuación se realizará a través de la cubierta del edificio mediante un nuevo conducto que se adapte a la legislación vigente.

Sobre el diseño y dimensionado de los conductos de evacuación, el RITE {25} expresa:

- Cada generador de calor que disponga de una potencia térmica superior a 400 kW tendrá su propio conducto de evacuación de gases de escape.
- Los generadores de calor de potencia térmica igual o inferior a 400 kW, y que posean la misma configuración en cuanto a la evacuación de los productos de la combustión, podrán contar con el mismo conducto de evacuación de gases.
- En ningún caso se podrán conectar generadores que utilicen combustibles diferentes a un mismo conducto de evacuación de gases de escape.
- El tramo horizontal del sistema de evacuación será lo más corto posible y nunca superará los 2 metros de longitud.
- Se dispondrá de un hueco en la parte inferior del conducto de evacuación, de tal manera que se pueda llevar a cabo la eliminación de posibles residuos.
- Las tuberías de evacuación de gases de escape, deben ser de un material resistente a las altas temperaturas de dichos gases, así como a su acción agresiva.
- En ningún caso el diseño de la parte final del tubo a la salida de los gases de escape obstaculizará la libre difusión a la atmósfera de los productos de la combustión.

6.1.3 Distancias que se deben mantener respecto a la chimenea.

Las distancias a tener en cuenta en el caso de que el tubo de evacuación de gases de escape finalice en un tramo de pared vertical y no en un tejado son las siguientes según la norma “UNE 123001:2005” {2}:

- Si el tubo de salida de gases de escape finaliza perpendicularmente a un tramo de pared vertical, dicho tubo debe sobresalir ligeramente respecto al muro en un máximo de 3 cm tal y como se muestra en la siguiente imagen.

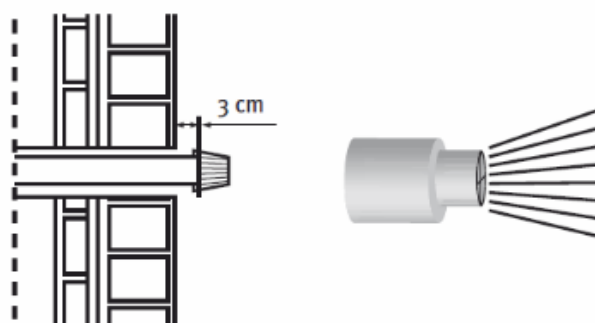


Figura 43: Distancia máxima del tubo frente a pared vertical {2}.

- Cuando el tubo de evacuación se encuentre justamente debajo de un alero, terraza o balcón, debe situarse como mínimo a 30 cm del mismo o prolongarse a una distancia máxima de 10 cm sobre el saliente.

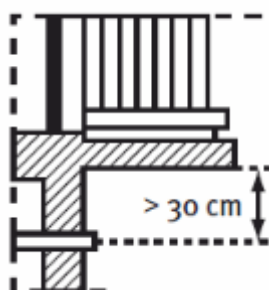


Figura 44: Ejemplo de distancia mínima del tubo por debajo del balcón {2}.

- Entre dos salidas de tubos de evacuación de gases de escape, se debe mantener una distancia mínima de 60 cm tal y como se muestra en la figura.

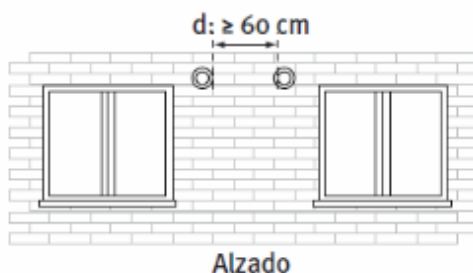


Figura 45: Distancia mínima en horizontal de tubos {2}.

- Cuando la salida del tubo de evacuación se realice directamente a un patio o zona exterior donde puedan encontrarse personas, la altura mínima del tubo debe ser de 2,2 metros sobre el suelo.

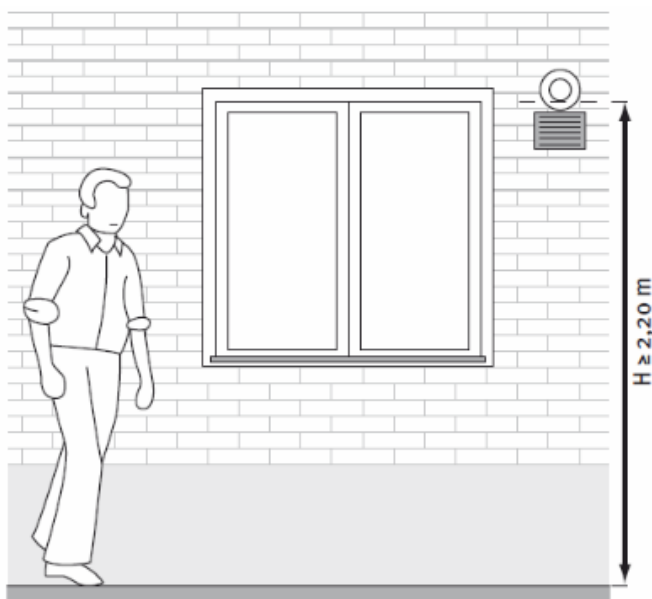


Figura 46: Distancia mínima del tubo de evacuación sobre el suelo en patios {2}.

- La salida del tubo debe tener una distancia mínima de 3 metros sobre una pared frontal con ventanas o huecos de ventilación, y la distancia mínima será de 2 metros si la pared frontal no cuenta con ventanas o huecos de ventilación.

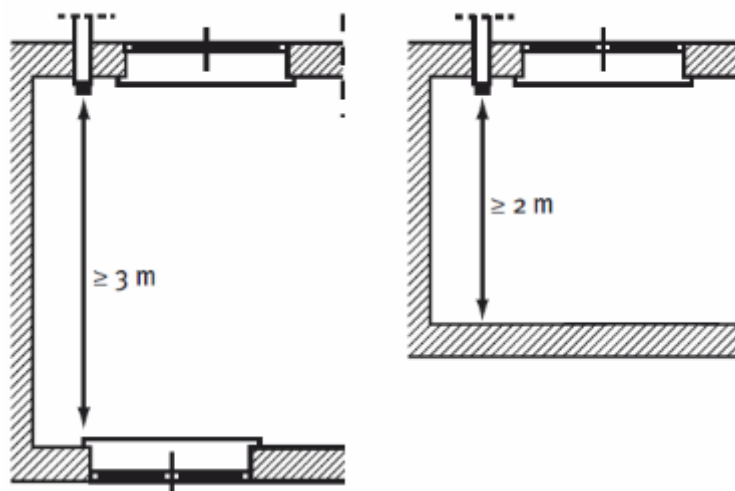


Figura 47: Distancia mínima a la pared frontal {2}.

En el caso de que el tubo finalice en un tejado o cubierta de la vivienda, se deberán tener en cuenta las siguientes distancias según la norma “UNE 123001:2005”.

- Si el tejado es plano (inclinación inferior a 20°) → El capuchón de la chimenea debe elevarse por encima del punto más alto del tejado a una distancia vertical superior a 1 metro.

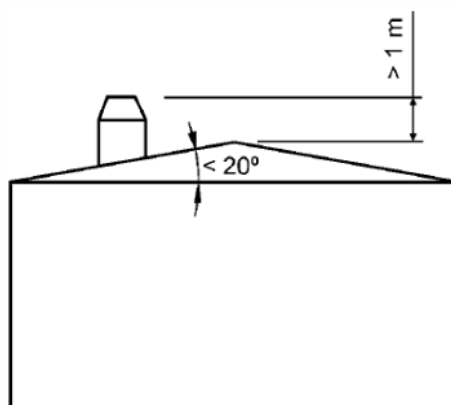


Figura 48: Distancia a la chimenea tejado $< 20^\circ$ {2}.

- Si el tejado es inclinado (inclinación superior a 20°) → El capuchón de la chimenea debe colocarse por encima del punto más alto del tejado con una distancia vertical superior a 1 metro ó situarse a una distancia horizontal del punto más alto del tejado superior a 2,5 metros.

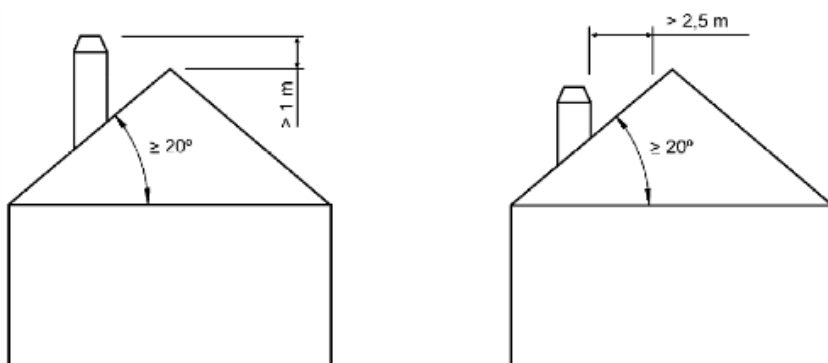


Figura 49: Distancia a la chimenea tejado $> 20^\circ$ {2}.

- La distancia respecto a obstáculos en el propio tejado debe ser: La chimenea debe elevarse por encima de 1 metro respecto al obstáculo ó la chimenea se sitúa a una distancia horizontal igual o superior a dos veces la altura del obstáculo.

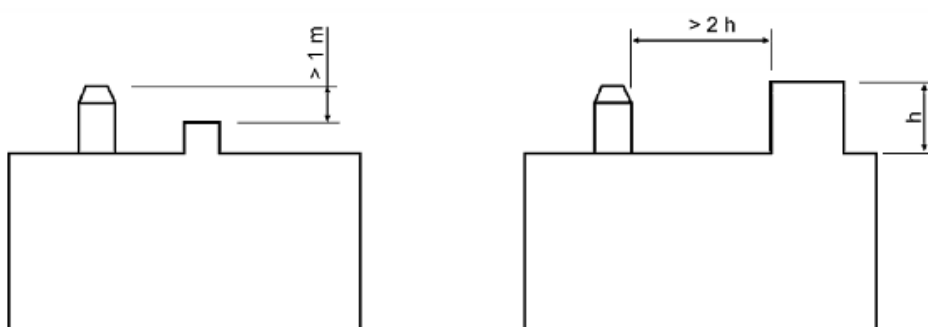


Figura 50: Distancia respecto a obstáculos en tejado {2}.

- Las distancias respecto a obstáculos exteriores al edificio que deben cumplirse son:
 - La chimenea debe elevarse más de 1 metro por encima de cualquier obstáculo en un radio de 10 metros.
 - La chimenea debe situarse por encima de cualquier obstáculo en un radio de 10 a 20 metros.

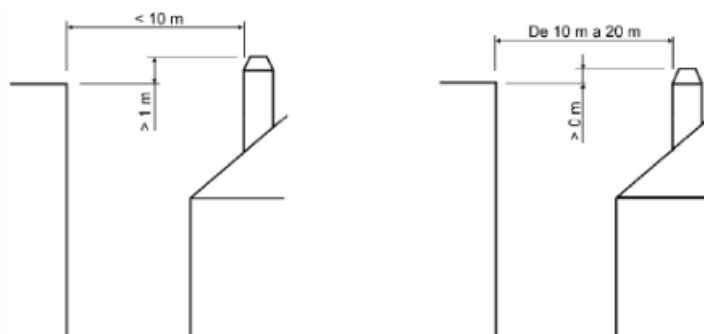


Figura 51: Distancia respecto a obstáculos exteriores {2}.

- En el caso de que existan ventanas o aberturas en la cubierta debe cumplirse:
 - La chimenea debe elevarse más de 1 metro por encima de cualquier ventana u abertura.
 - La distancia medida sobre la superficie del tejado desde la chimenea hasta el punto más próximo a la ventana o abertura debe ser: Igual o superior a 2 metros cuando la chimenea se encuentre situada por delante de la ventana en el sentido ascendente del tejado ó igual o superior a 1 metro cuando la chimenea se encuentre a un lado o detrás de la ventana en el sentido ascendente del tejado.

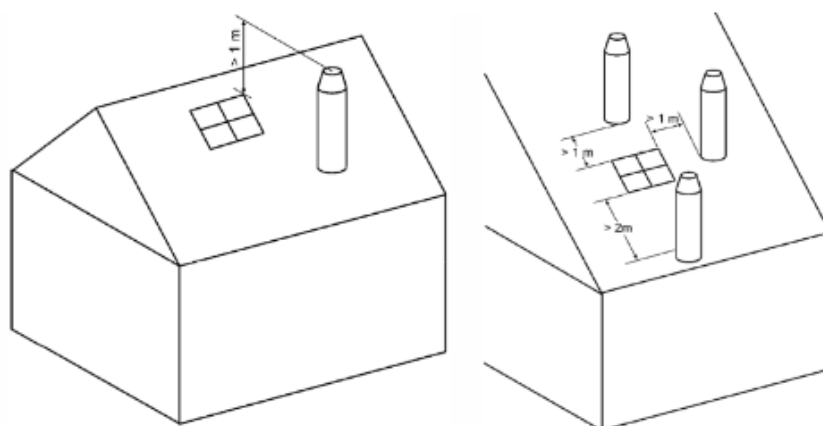


Figura 52: Distancias entre chimenea y ventanas {2}.

6.1.4 Tipos de sombrerete.

Una decisión importante en función de donde se instale la caldera de pellets, es la elección del sombrerete que se situará al final de la chimenea. En función de si es una zona de viento, de las dimensiones del tubo, etc, se deberá elegir uno u otro, a continuación se explican las funciones de los 4 tipos de sombreretes estándar y más utilizados.

6.1.4.1 Sombrerete chino.

El sombrerete chino fue fabricado emulando a los primeros sombreretes de cuatro vientos, también denominados de obra, que son los sombreretes creados en la construcción mediante ladrillos y cemento. El sombrerete chino presenta la ventaja frente a los de obra de que al ser de acero, se calienta el aire interior y mejora la evacuación de los humos.

Este tipo de sombrerete es el más básico y económico, pero entre sus desventajas cabe destacar que permite la entrada de agua de lluvia en el interior del tubo y produce revoco de humos cuando existe viento lateral.



Figura 53: Modelo de sombrerete chino {1}.

6.1.4.2 Sombrerete giratorio o veleta.

El sombrerete giratorio, también llamado casco romano debido a su apariencia, está compuesto por un capuchón giratorio, que hace que el viento choque contra la aleta superior colocando la salida de humos en dirección contraria a la dirección del viento, y permitiendo así la evacuación de los mismos.

Es muy eficaz en la evacuación de los gases de escape debido a su forma aerodinámica, y el único inconveniente es la necesidad de un mantenimiento básico del cojinete que permite el giro.



Figura 54: Sombbrero giratorio o veleta {1}.

6.1.4.3 Sombbrero aspirador o Rollex.

Este tipo de sombrero es uno de los más vendidos actualmente. Este gorro funciona mediante la acción del viento, el efecto del viento provoca movimiento giratorio del sombrero haciendo un efecto aspirador sobre el humo que se evacúa desde la estufa. Cuanto mayor sea la velocidad del viento, más rápido girará el capuchón y mayor eficacia en la extracción de los gases de escape.

El sombrero aspirador, es ideal colocarlo en zonas donde los vientos que existen son medianamente fuertes y con cambios constantes en la dirección del viento, ya que debido a su diseño evita problemas de revoco del humo.

Este tipo de gorro es el más caro de todos los que se venden pero sin duda el más eficaz. Además, al igual que el sombrero giratorio conlleva un mantenimiento para evitar que se acumule hollín y polvo en el cojinete.



Figura 55: Sombbrero aspirador o rollex {1}.

6.1.4.4 Sombrerete anti revoco o anti viento.

Este tipo de sombrero surge como una mejora del sombrerete chino y su problema del efecto revoco, por ello también se le conoce como sombrerete anti regolfante.

Este gorro, incorpora un aro alrededor de las aperturas que hace que el viento no influya en la evacuación de los gases de escape. Además no permite la entrada de la lluvia.

Este sombrerete es uno de los más económicos y no necesita mantenimiento.



Figura 56: Sombrerete anti revoco {1}.

En la instalación de la termoestufa en la vivienda unifamiliar, se procederá a instalar el sombrerete anti revoco, debido a que aunque no hay fuerte viento en el patio donde se instalará la salida de los tubos de gases de escape, este sombrerete evita la entrada de la lluvia y además es de los más económicos.

7. CONCLUSIONES.

Este proyecto promueve utilizar las energías renovables, concretamente la utilización de una caldera de biomasa para producir calefacción y Agua Caliente Sanitaria en una vivienda unifamiliar concreta. Este cambio se pretende llevar a cabo mediante la instalación de un tipo de calderas de pellets denominadas hidroestufas. El cambio que se pretende realizar con la instalación de esta caldera, tiene dos causas: En primer lugar, el elevado precio de la electricidad que provoca unos altos costes en la factura de la luz, debido a que la calefacción existente en la vivienda que se estudia utiliza la energía eléctrica, y en segundo lugar, debido a la contaminación que produce la obtención de energía mediante métodos convencionales que no utilizan las energías renovables.

Pero antes de empezar a analizar los resultados obtenidos en este proyecto, se analiza la situación de la energía en España.

Mediante la realización de este proyecto, se puede concluir que España es todavía un país muy dependiente de los combustibles fósiles y a pesar de utilizar cada vez más las energías renovables, la tasa de utilización de las mismas es demasiado baja.

Además, por si no fuera poco, España posee una gran dependencia de la energía importada desde el exterior, y únicamente en torno al 30% de la energía que se consume en este país es originada en España. Esto genera entre otras consecuencias que el precio de la energía sea superior debido principalmente al coste del transporte de dicha energía.

En cuanto a las emisiones de gases contaminantes, a pesar de registrar todavía valores altos en las emisiones, en los últimos años han ido descendiendo progresivamente. Esto puede deberse en gran parte a los requisitos pactados en el protocolo de Kioto en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, en cuanto a los cálculos obtenidos en este proyecto, se necesitaría una caldera de pellets para la calefacción de aproximadamente 5 kW y de 6 kW para el ACS, dados los requerimientos mencionados en los apartados correspondientes. El valor tan bajo de la potencia de calefacción, es debido a que los muros exteriores de la vivienda tienen un área demasiado pequeño. Finalmente se elige una caldera de potencia máxima 11,3 kW debido a que en estos tipos de calderas, no existen valores más bajos.

En términos económicos, se llega a la conclusión de que se necesita una inversión de en torno a 6.000€ para llevar a cabo la sustitución del método actual de calefacción por el de la hidroestufa, mientras que para la sustitución del método actual de obtención de ACS es necesario invertir utilizando las instalaciones de dicha calefacción, únicamente alrededor de 400€.

De esta manera, resulta rentable utilizar la instalación de la calefacción para el ACS debido a que con una inversión de 400€ más, se pueden ahorrar aproximadamente 245€ al año.

En cuanto a la instalación de calefacción, mediante el uso de la hidroestufa, se ahorrarían en torno a 500€ al año. A la vista de estos números, la reforma en los sistemas de obtención de energía de la vivienda, resulta interesante.

Sin embargo, mediante los cálculos de análisis de rentabilidad de inversión, se obtiene mediante el VAN que hasta el año 21º después de realizar la instalación de la caldera, no empieza a ser rentable la inversión. Mediante el cálculo del Pay-Back, sería a partir del 9º año cuando la inversión sería rentable.

Atendiendo al VAN y teniendo en cuenta que la instalación se considera con una vida útil de 20 años, no resulta rentable la realización de este proyecto. Por el contrario, mediante el Pay-Back, que no tiene en cuenta la pérdida de valor del dinero, sí que resulta rentable la inversión, ya que se empieza a sacar partido de la misma a partir del año décimo.

Desde el punto de vista medioambiental, se puede considerar que la caldera de biomasa no emite gases contaminantes, ya que la cantidad contaminante emitida se considera equivalente a la que liberan las plantas y árboles.

Además, comparando la caldera de biomasa frente a la calefacción eléctrica, los cálculos de emisiones son muy favorables hacia la caldera de biomasa debido a que el PEI de la instalación de calefacción que se encuentra instalada en la vivienda, asciende a un valor de en torno a 12.000 Kg de CO_2 equivalente anuales. Por otro lado, el PEI asociado a la instalación de ACS que utiliza la vivienda normalmente, tiene un valor aproximado de 841 kg de CO_2 equivalente anuales, que es un valor mucho más pequeño que el de calefacción pero considerable.

Estos dos valores obtenidos de PEI, resultan muy importantes a la hora de comparar medioambientalmente la posible instalación de la caldera de biomasa en la vivienda, debido a que con la utilización de la misma se estarían ahorrando anualmente casi 13.000 kg de CO_2 al año, lo que supone una razón de peso para llevar a cabo dicha reforma en la vivienda.

A pesar de que el VAN resulta desfavorable hacia la realización de la inversión, finalmente el proyecto se llevará a cabo debido en primer lugar al ahorro anual que se consigue mediante la utilización de la termoestufa, y en segundo lugar debido al descenso notable de las emisiones de GEI.

En cuanto a las posibles mejoras o posibles apartados que se puedan estudiar para futuros trabajos relacionados con este, destacar que el depósito de pellets de la caldera seleccionada es bastante pequeño (14 kg) para la potencia de la que dispone la hidroestufa. Debido a esto, resultaría interesante estudiar la colocación de un depósito auxiliar en las cercanías de la termoestufa para facilitar la alimentación de combustible, y evitar así que sea necesario estar pendiente del nivel de combustible cada poco tiempo.

8. REFERENCIAS.

- {1}. Conoce más sobre las energías renovables. < <http://www.clickrenovables.com/> >
- {2}. Norma cálculo y diseño de chimeneas metálicas. < UNE 123001:2005>
- {3}. Instituto para la diversificación y el ahorro de energía. < <http://www.idae.es/> >
- {4}. Establecimiento de bricolaje Leroy Merlin. < <http://www.leroymerlin.es/> >
- {5}. Establecimiento de estufas y calderas Bricofire. < <https://www.bricofire.es/> >
- {6}. Establecimiento de bricolaje AKI. < <http://www.aki.es/> >
- {7}. Establecimiento de tubos y accesorios para chimeneas < <https://www.mialmacenonline.es/> >
- {8}. Establecimiento de calderas de biomasa. < <https://www.hargassner.es/> >
- {9}. Productos de calefacción Ferroli. < <http://www.ferroli.es/> >
- {10}. Portal de información sobre instalaciones de Energías Renovables. < <http://www.solarweb.net/> >
- {11}. Portal de información del tiempo MeteoBlue. < <https://www.meteoblue.com/es/> >
- {12}. Productos de impermeabilización y aislamiento Texsa. < <http://www.texsa.com/productos.htm> >
- {13}. Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente. < <http://www.mapama.gob.es/es/> >
- {14}. Portal de eficiencia energética. < <https://ovacen.com/> >
- {15}. Portal de sostenibilidad. < <https://www.ecopost.info/> >
- {16}. Apuntes asignatura “Transferencia de Calor” Curso 3º del Grado en Ingeniería Mecánica.
- {17}. Apuntes asignatura “Ingeniería térmica” Curso 2º del Grado en Ingeniería Mecánica.
- {18}. Apuntes asignatura “Instalaciones térmicas” Curso 3º del Grado en Ingeniería Mecánica.
- {19}. Código Técnico de la Edificación (CTE).
- {20}. Norma básica NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios.
- {21}. Documento básico HE. Ahorro de energía.
- {22}. Eurostat. < <http://ec.europa.eu/eurostat> >

- {23}. Terra, ecología práctica. < <http://www.terra.org/> >
- {24}. Ministerio de Industria, turismo y comercio. < <http://www.minetad.gob.es/es-ES/Paginas/index.aspx> >
- {25}. Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE).
- {26}. Portal de las instalaciones. < <https://www.caloryfrio.com/> >
- {27}. Establecimiento de venta de pellets. < <http://pelletsdelsur.com/> >
- {28}. Establecimiento de hidroestufas Sercatec Albacete. < <http://www.sercatec.com/> >
- {29}. Instituto Nacional de Estadística INE. < <http://www.ine.es/> >
- {30}. Google Maps. < <https://www.google.es/maps/> >
- {31}. Empresa Ocariz & calor. < <http://www.ocariz.es/> >
- {32}. Fabricante estufas Fabrilor Ibérica. < <http://www.fabriloriberica.es/> >
- {33}. Fabricante estufas Anselmo Cola. < <http://www.colastufe.com/es> >
- {34}. Tienda de bricolaje Bricomart. < <https://www.bricomart.es/> >
- {35}. Apuntes asignatura “Fundamentos de Gestión Empresarial”.
- {36}. Establecimiento de estufas de pellets. < <http://www.smartflames.com/> >